

# BEST AVAILABLE COPY PATENT ABSTRACTS OF JAPAN



(11)Publication number : 2001-084535

(43)Date of publication of application : 30.03.2001

(51)Int.Cl. G11B 5/39  
G11B 5/31

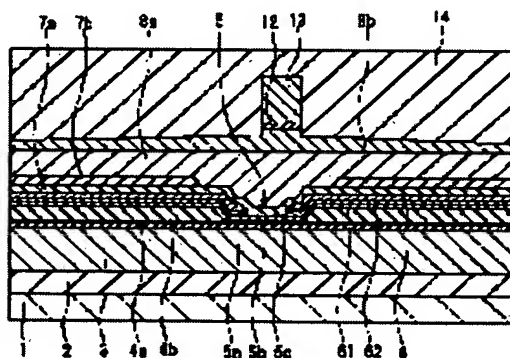
(21)Application number : 11-261500 (71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 16.09.1999 (72)Inventor : SASAKI YOSHITAKA

**(54) MANUFACTURE OF THIN FILM MAGNETIC HEAD AND MANUFACTURE OF MAGNETORESISTANCE EFFECT DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent an electric short-circuit of a conductive layer connected to a magnetoresistance element and a shield layer.

**SOLUTION:** A thin film magnetic head is provided with a reproducing head and a recording head. The reproducing head is provided with a GMR element 5, a lower shield layer 3 and an upper shield layer 8 for shielding the GMR element 5, the conductive layer 6 connected to the GMR element 5 and shield gap films 4a, 4b, 7a and 7b formed between the shield layers 3 and 8. Plural layers 5a-5c for constituting the GMR element 5 are formed on the shield gap layer 4a, a part of the thickness direction of the plural layers 5a-5c is etched by reactive ion etching, the remaining part is etched by ion milling and the GMR element 5 is formed. The shield gap film 4b is formed around the GMR element 5 on the shield gap film 4a.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st for shielding said magnetic resistance element and the 2nd shielding layer which have been arranged so that the part by the side of a magnetic resistance element and the medium opposed face which counters a record medium may counter on both sides of said magnetic resistance element, The conductive layer connected to said magnetic resistance element, and the 1st insulating layer prepared between said magnetic resistance element, and said conductive layer and said 1st shielding layer, The 2nd insulating layer arranged between said 1st insulating layer and said conductive layers in the perimeter of said magnetic resistance element, The process which is the manufacture approach of the thin film magnetic head equipped with the 3rd insulating layer prepared between said magnetic resistance element, and said conductive layer and said 2nd shielding layer, and forms said 1st shielding layer, The process which forms said 1st insulating layer on said 1st shielding layer, and the process which forms the film for magnetic resistance elements used as said magnetic resistance element on said 1st insulating layer, The process which etches said film for magnetic resistance elements selectively, and forms said magnetic resistance element, The process which forms said 2nd insulating layer on said 1st insulating layer, and the process which forms said conductive layer on said 2nd insulating layer, The process which forms said 3rd insulating layer on said magnetic resistance element, the 2nd insulating layer, and a conductive layer, The process which forms said magnetic resistance element including the process which forms said 2nd shielding layer on said 3rd insulating layer The 1st etching process which etches a part of thickness direction of the parts which should etch said film for magnetic resistance elements using the 1st dry etching containing a chemical etching element and a physical etching element, The manufacture approach of the thin film magnetic head characterized by including the 2nd etching process which etches the remaining part of the parts which should etch said film for magnetic resistance elements using the 2nd dry etching with the larger ratio of physical etching than said 1st dry etching.

[Claim 2] Said 1st dry etching is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 characterized by being reactive ion etching.

[Claim 3] Said 2nd dry etching is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 or 2 characterized by being ion milling.

[Claim 4] Said magnetic resistance element is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 3 characterized by consisting of two or more layers.

[Claim 5] Furthermore, it sets after formation of said 2nd insulating layer in some layers of the upside of two or more layers of said magnetic resistance element. The process which etches the part of a crosswise outside to the part which specifies the width of recording track, Around the part etched after this etching, and said magnetic resistance element The process which forms said conductive layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 4 characterized by forming a conductive layer on said antiferromagnetism layer including the process which forms the etched layer, the layer of the same ingredient, and an antiferromagnetism layer in order.

[Claim 6] Said magnetic resistance element is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 3 characterized by being the spin bulb huge magnetic resistance element by which the free layer has been arranged at the upside.

[Claim 7] Furthermore, it sets in the free layer of said magnetic resistance element after formation of

said 2nd insulating layer. The process which etches the part of a crosswise outside to the part which specifies the width of recording track, Around the part etched after this etching, and said magnetic resistance element The process which forms said conductive layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 6 characterized by forming a conductive layer on said antiferromagnetism layer including the process which forms said free layer, the layer of the same ingredient, and an antiferromagnetism layer in order.

[Claim 8] Furthermore, the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 7 characterized by including the process which removes the 2nd insulating layer protruded into the top face of said magnetic resistance element after formation of said 2nd insulating layer.

[Claim 9] At least one side of the process which forms said 1st insulating layer, and the process which forms said 3rd insulating layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 8 characterized by forming the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition.

[Claim 10] The manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 9 characterized by using low voltage chemical vapor deposition as said chemical vapor deposition.

[Claim 11] The manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 9 characterized by using plasma chemistry-vapor growth as said chemical vapor deposition.

[Claim 12] The process which forms said 3rd insulating layer is the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 8 characterized by forming the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition at the temperature below 300-degreeC.

[Claim 13] Furthermore, the 1st and 2nd magnetic layers which consist of at least one layer including the magnetic pole part which each other is connected magnetically and counters said medium opposed face side mutually, respectively, At least the gap layer prepared between the magnetic pole part of said 1st magnetic layer and the magnetic pole part of said 2nd magnetic layer and a part between said 1st and 2nd magnetic layers The manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 12 characterized by including the process which forms the induction type MAG sensing element which has the thin film coil prepared in the condition of having insulated to said 1st and 2nd magnetic layers.

[Claim 14] The 1st for shielding said magnetic resistance element and the 2nd shielding layer which have been arranged so that it may counter on both sides of a magnetic resistance element and said magnetic resistance element, The conductive layer connected to said magnetic resistance element, and the 1st insulating layer prepared between said magnetic resistance element, and said conductive layer and said 1st shielding layer, The 2nd insulating layer arranged between said 1st insulating layer and said conductive layers in the perimeter of said magnetic resistance element, The process which is the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment equipped with the 3rd insulating layer prepared between said magnetic resistance element, and said conductive layer and said 2nd shielding layer, and forms said 1st shielding layer, The process which forms said 1st insulating layer on said 1st shielding layer, and the process which forms the film for magnetic resistance elements used as said magnetic resistance element on said 1st insulating layer, The process which etches said film for magnetic resistance elements selectively, and forms said magnetic resistance element, The process which forms said 2nd insulating layer on said 1st insulating layer, and the process which forms said conductive layer on said 2nd insulating layer, The process which forms said 3rd insulating layer on said magnetic resistance element, the 2nd insulating layer, and a conductive layer, The process which forms said magnetic resistance element including the process which forms said 2nd shielding layer on said 3rd insulating layer The 1st etching process which etches a part of thickness direction of the parts which should etch said film for magnetic resistance elements using the 1st dry etching containing a chemical etching element and a physical etching element, The remaining part of the parts which should etch said film for magnetic resistance elements The manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment characterized by including the 2nd etching process etched using the 2nd dry etching with the larger ratio of physical etching than said 1st dry etching.

[Claim 15] Said 1st dry etching is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 characterized by being reactive ion etching.

[Claim 16] Said 2nd dry etching is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 or 15 characterized by being ion milling.

[Claim 17] Said magnetic resistance element is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 to 16 characterized by consisting of two or more layers.

[Claim 18] Furthermore, it sets after formation of said 2nd insulating layer in some layers of the upside of two or more layers of said magnetic resistance element. The process which etches the part of a crosswise outside to the part which specifies the width of recording track, Around the part etched after this etching, and said magnetic resistance element The process which forms said conductive layer is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 17 characterized by forming a conductive layer on said antiferromagnetism layer including the process which forms the etched layer, the layer of the same ingredient, and an antiferromagnetism layer in order.

[Claim 19] Said magnetic resistance element is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 to 16 characterized by being the spin bulb huge magnetic resistance element by which the free layer has been arranged at the upside.

[Claim 20] Furthermore, it sets in the free layer of said magnetic resistance element after formation of said 2nd insulating layer. The process which etches the part of a crosswise outside to the part which specifies the width of recording track, Around the part etched after this etching, and said magnetic resistance element The process which forms said conductive layer is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 19 characterized by forming a conductive layer on said antiferromagnetism layer including the process which forms said free layer, the layer of the same ingredient, and an antiferromagnetism layer in order.

[Claim 21] Furthermore, the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 to 20 characterized by including the process which removes the 2nd insulating layer protruded into the top face of said magnetic resistance element after formation of said 2nd insulating layer.

[Claim 22] At least one side of the process which forms said 1st insulating layer, and the process which forms said 3rd insulating layer is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 to 21 characterized by forming the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition.

[Claim 23] The manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 22 characterized by using low voltage chemical vapor deposition as said chemical vapor deposition.

[Claim 24] The manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 22 characterized by using plasma chemistry-vapor growth as said chemical vapor deposition.

[Claim 25] The process which forms said 3rd insulating layer is the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment according to claim 14 to 21 characterized by forming the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition at the temperature below 300-degreeC.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment of having the manufacture approach of the thin film magnetic head and magnetic resistance element which read at least and have the magnetic resistance element of business.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the improvement in the engine performance of the thin film magnetic head is called for with improvement in the surface recording density of a hard disk drive unit. The compound-die thin film magnetic head of the structure which carried out the laminating of the reproducing head which reads as the thin film magnetic head with the recording head which has an induction type MAG sensing element for writing, and has the magnetic-reluctance (it is hereafter described also as MR (Magnetoresistive).) component of business is used widely. There are an AMR component using the anisotropy magnetic-reluctance (it is hereafter described as AMR (Anisotropic Magnetoresistive).) effectiveness as a MR component and a GMR component using the huge magnetic-reluctance (it is hereafter described as GMR (Giant Magnetoresistive).) effectiveness, it is only called an MR head and the AMR head or the reproducing head using a GMR component is called a GMR head for the reproducing head using the AMR component. The AMR head is used as the reproducing head to which surface recording density exceeds 1 gigabit / (inch) 2, and the GMR head is used as the reproducing head to which surface recording density exceeds 3 gigabit / (inch) 2.

[0003] By the way, as the reproducing head, there are many things of the structure which shielded MR component electrically and magnetically with the magnetic material (electric shielding).

[0004] Here, with reference to drawing 21 thru/or drawing 26 , an example of the manufacture approach of the compound-die thin film magnetic head which used the spin bulb GMR component for the reproducing head is explained as an example of the manufacture approach of the conventional thin film magnetic head. In addition, drawing 21 thru/or drawing 24 show the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0005] By this manufacture approach, first, as shown in drawing 21 , the insulating layer 102 which consists of an alumina (aluminum 2O3) is deposited by the thickness of about 5 micrometers on the substrate 101 which consists of ARUTIKKU (aluminum 2O3, TiC). Next, the lower shielding layer 103 for the reproducing heads which consists of a magnetic material is formed on an insulating layer 102 at the thickness of 2-3 micrometers.

[0006] Next, 1st shielding gap film 104a as an insulating layer which consists of insulating materials, such as an alumina, is formed by the spatter on the lower shielding layer 103 at the thickness of 20-40nm. Next, except for the field which should form the GMR component mentioned later on 1st shielding gap film 104a, 2nd shielding gap film 104b as an insulating layer which consists of insulating materials, such as an alumina, is formed in the thickness of 50-150nm by the spatter.

[0007] Next, antiferromagnetism layer 105a with a thickness of about 10-20nm, non-magnetic layer 105b with a thickness of about 2-3nm, and free layer (magnetic layer) 105c with a thickness of about 3-6nm are formed in order on 2nd shielding gap film 104b as two or more layers which constitute the GMR component for playback. In addition, although there is a magnetic layer used as the pin layer other than the above etc. as a layer which constitutes a GMR component if needed, in order to

simplify explanation, only the three above-mentioned layers 105a, 105b, and 105c are mentioned and explained here.

[0008] Next, the photoresist pattern 121 is selectively formed in the location which should form a GMR component on free layer 105c. At this time, the configuration which can perform a lift off easily, for example, a cross-section configuration, forms the photoresist pattern 121 of T mold.

[0009] Next, as shown in drawing 22, the above-mentioned layers 105a, 105b, and 105c which constitute a GMR component by ion milling by using the photoresist pattern 121 as a mask are etched selectively, carry out patterning, and the GMR component 105 is formed.

[0010] Next, as shown in drawing 23, the conductive layer (it is also called a lead.) 106 of the couple electrically connected to the GMR component 105 is formed by using the photoresist pattern 121 as a mask at a predetermined pattern, for example by dozens to 100 number the thickness of 10nm on 1st shielding gap film 104a and 2nd shielding gap film 104b. Next, the lift off of the photoresist pattern 121 is carried out. Drawing 25 is the top view showing 2nd shielding gap film 104b at this event, the GMR component 105, and a conductive layer 106.

[0011] Next, as shown in drawing 24, 3rd shielding gap film 107a as an insulating layer which consists of insulating materials, such as an alumina, is formed by the spatter at the thickness of 20-40nm on the shielding gap film 104a and 104b, the GMR component 105, and a conductive layer 106, and the GMR component 105 is laid underground in shielding gap film 104a and 107a. Next, 4th shielding gap film 107b as an insulating layer which consists of insulating materials, such as an alumina, is formed by the spatter at the thickness of 50-150nm on 3rd shielding gap film 107[ near the GMR component 105 ] a.

[0012] Next, on the shielding gap film 107a and 107b, it consists of a magnetic material and the lower [ an up shielding layer-cum-] magnetic pole layer (it is hereafter described as an up shielding layer.) 108 used to the both sides of the reproducing head and a recording head is formed at the thickness of about 3 micrometers.

[0013] Next, the record gap layer 112 which consists of an insulator layer, for example, the alumina film, is formed on the up shielding layer 108 at the thickness of 0.2-0.3 micrometers. Next, although not illustrated, in the record gap layer 112, a part for the center section of the field which forms the thin film coil mentioned later is etched selectively, and a contact hole is formed.

[0014] Next, although not illustrated, the 1st photoresist layer which determines throat height on the record gap layer 112 is formed in a predetermined pattern by the thickness of about 1.0-2.0 micrometers. In addition, throat height means the die length (height) from the edge by the side of an air bearing side (medium opposed face which counters a record medium) of the part, i.e., a magnetic pole part, which two magnetic layers in a recording head counter through a record gap layer to the edge of an opposite hand.

[0015] Next, the thin film coil of a recording head is formed on the 1st photoresist layer at the thickness of 3 micrometers. Next, on the 1st photoresist layer and a thin film coil, in order to insulate a \*\*\*\* coil, the 2nd photoresist layer is formed at a predetermined pattern. Drawing 26 is the top view simplifying and showing the condition at this event. In drawing 26, the sign 113 shows the thin film coil which simplified and expressed. Moreover, a sign 131 shows the conductive layer formed on the edge of an opposite hand in the GMR component 105 of a conductive layer 106, and the sign 132 shows the conductive layer connected to the conductive layer 131. A conductive layer 131 is formed simultaneously with the up shielding layer 108 with the same ingredient as the up shielding layer 108. Moreover, a conductive layer 132 is formed simultaneously with the thin film coil 113 with the same ingredient as the thin film coil 113.

[0016] Next, as shown in drawing 24, the up magnetic pole layer 114 which consists of a magnetic material for recording heads, for example, a permalloy, (NiFe) is formed at the thickness of about 3 micrometers on the record gap layer 112 and the 1st and 2nd photoresist layers. Besides, the section magnetic pole layer 114 let the contact hole formed in a part for the center section of the field in which the thin film coil was formed pass, contacted the up shielding layer (lower magnetic pole layer) 108, and is connected magnetically.

[0017] Next, by using the magnetic pole part of the up magnetic pole layer 114 as a mask, by ion milling, a part of record gap layer 112 and up shielding layer (lower magnetic pole layer) 108 are etched, and as shown in drawing 24, some each side attachment walls of the up magnetic pole layer



114, the record gap layer 112, and the up shielding layer (lower magnetic pole layer) 108 consider as the trim (Trim) structure formed vertically in self align. According to this trim structure, the increment in the effective width of recording track by the breadth of the magnetic flux generated at the time of the writing of a narrow track can be prevented.

[0018] Next, the overcoat layer 115 which consists of an alumina is formed on the up magnetic pole layer 114 at the thickness of 20-30 micrometers. Finally polish processing of the slider containing above-mentioned each class is performed, the air bearing side of a recording head and the reproducing head is formed, and the thin film magnetic head is completed.

[0019]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, if the engine performance of the reproducing head improves, a Sir MARUASU pilus tee (Thermal Asperity) will pose a problem. A Sir MARUASU pilus tee means degradation of the reproducing characteristics by self-generation of heat of the reproducing head at the time of playback. In order to conquer this Sir MARUASU pilus tee, the ingredient which was excellent in cooling effectiveness as an ingredient of a lower shielding layer or the shielding gap film was called for conventionally. Therefore, magnetic materials, such as a permalloy and Sendust, were conventionally used for the lower shielding layer. Moreover, recently, making it thin etc. sets thickness of the shielding gap film to about 20-50nm, and the approach of gathering cooling effectiveness is taken.

[0020] However, when the shielding gap film becomes thin in this way, there is a trouble of becoming easy to generate the magnetic and electric poor insulation between the conductive layers and shielding layers which were connected to MR component (a GMR component is included.) or this.

[0021] In relation to this, the electric short circuit of the conductive layer and shielding layer which were connected to MR component had become a problem by the conventional thin film magnetic head. Hereafter, this problem is explained using the example shown in drawing 21 thru/or drawing 26.

[0022] By the manufacture approach of the conventional thin film magnetic head, as shown in drawing 22, the layers 105a, 105b, and 105c which constitute a GMR component by ion milling by using the photoresist pattern 121 as a mask are etched selectively, and the GMR component 105 is formed. Since the width of recording track and MR height (die length from the edge by the side of the air bearing side of MR component to the edge of an opposite hand (height)) of the reproducing head are determined by the width of face and die length of the GMR component 105 at this time, when etching the layers 105a, 105b, and 105c which constitute a GMR component by ion milling, a certain amount of over etching needed to be performed. Therefore, as shown in drawing 22, shielding gap film 104of \*\* very thin 1st with a thickness of 20-40nm a deteriorated in response to breakage, or it was etched, and open Lycium chinense had a hole in 1st shielding gap film 104a.

[0023] Thus, if a conductive layer 106 is formed in 1st shielding gap film 104a as shown in drawing 23 after the hole has opened, the lower shielding layer 103 and a conductive layer 106 will connect too hastily electrically. Thus, if the lower shielding layer 103 and a conductive layer 106 connect too hastily electrically, the problem that the noise to the GMR component 105 increases will occur.

[0024] In addition, the technique which forms an insulator layer in the field to which the shielding gap film became thin by the ion milling for forming MR component is shown in JP,7-296333,A. However, with this technique, the breakage of the shielding gap film by ion milling itself is unmitigable.

[0025] Moreover, conventionally, as shown in drawing 22, taper etching of the edge of the pattern of the GMR component 105 was carried out. However, especially the thing done for taper etching in this way made it difficult to control the width of recording track and MR height to accuracy, and had become the cause to which the yield is reduced, so that the width of recording track and MR height were small.

[0026] This invention was made in view of this trouble, and the object is to offer the manufacture approach of the thin film magnetic head of having enabled it to specify the configuration of a magnetic resistance element to accuracy, and the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment while enabling it to prevent the electric short circuit of the conductive layer and shielding layer which were connected to the magnetic resistance element.



[0027]

[Means for Solving the Problem] The 1st for shielding a magnetic resistance element and the 2nd shielding layer which have been arranged so that the part by the side of the medium opposed face to which the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention counters a magnetic resistance element and a record medium may counter on both sides of a magnetic resistance element, The conductive layer connected to the magnetic resistance element, and the 1st insulating layer prepared between a magnetic resistance element, and a conductive layer and the 1st shielding layer, It is the approach of manufacturing the thin film magnetic head equipped with the 2nd insulating layer arranged between the 1st insulating layer and a conductive layer in the perimeter of a magnetic resistance element, and the 3rd insulating layer prepared between a magnetic resistance element, and a conductive layer and the 2nd shielding layer.

[0028] The 1st for shielding a magnetic resistance element and the 2nd shielding layer by which the manufacture approach of the magneto-resistive effect equipment of this invention has been arranged so that it may counter on both sides of a magnetic resistance element and a magnetic resistance element, The conductive layer connected to the magnetic resistance element, and the 1st insulating layer prepared between a magnetic resistance element, and a conductive layer and the 1st shielding layer, It is the approach of manufacturing magneto-resistive effect equipment equipped with the 2nd insulating layer arranged between the 1st insulating layer and a conductive layer in the perimeter of a magnetic resistance element, and the 3rd insulating layer prepared between a magnetic resistance element, and a conductive layer and the 2nd shielding layer.

[0029] The manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment The process which forms the 1st shielding layer, and the process which forms the 1st insulating layer on the 1st shielding layer, The process which forms the film for magnetic resistance elements used as a magnetic resistance element on the 1st insulating layer, The process which etches the film for magnetic resistance elements selectively, and forms a magnetic resistance element, The process which forms the 2nd insulating layer on the 1st insulating layer, and the process which forms a conductive layer on the 2nd insulating layer, The process which forms a magnetic resistance element including the process which forms the 3rd insulating layer on a magnetic resistance element, the 2nd insulating layer, and a conductive layer, and the process which forms the 2nd shielding layer on the 3rd insulating layer The 1st etching process which etches a part of thickness direction of the parts which should etch the film for magnetic resistance elements using the 1st dry etching containing a chemical etching element and a physical etching element, The 2nd etching process which etches the remaining part of the parts which should etch the film for magnetic resistance elements using the 2nd dry etching with the larger ratio of physical etching than the 1st dry etching is included.

[0030] By the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment According to the 1st etching process of the processes which form a magnetic resistance element A part of thickness direction of the parts which should etch the film for magnetic resistance elements is etched using the 1st dry etching containing a chemical etching element and a physical etching element. According to the 2nd etching process The remaining part of the parts which should etch the film for magnetic resistance elements is etched using the 2nd dry etching with the larger ratio of physical etching than the 1st dry etching. It becomes possible to suppress breakage on the 1st insulating layer, and to specify the configuration of a magnetic resistance element to accuracy by this.

[0031] In the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment, the 1st dry etching may be reactive ion etching. Moreover, the 2nd dry etching may be ion milling.

[0032] Moreover, a magnetic resistance element may consist of two or more layers in the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment. In this case, each manufacture approach is further set after formation of the 2nd insulating layer in some layers of the upside of two or more layers of a magnetic resistance element. The process which etches the part of a crosswise outside to the part which specifies the width of recording track, You may make it the process which forms a conductive layer including the process which forms in order the part etched after this etching, the layer etched

into the perimeter of a magnetic resistance element, the layer of the same ingredient, and an antiferromagnetism layer form a conductive layer on an antiferromagnetism layer.

[0033] Moreover, in the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment, a magnetic resistance element may be a spin bulb huge magnetic resistance element by which the free layer has been arranged at the upside. In this case, each manufacture approach is further set in the free layer of a magnetic resistance element after formation of the 2nd insulating layer. The process which etches the part of a crosswise outside to the part which specifies the width of recording track, You may make it the process which forms a conductive layer after this etching including the process which forms a free layer, the layer of the same ingredient, and an antiferromagnetism layer in order around the etched part and a magnetic resistance element form a conductive layer on an antiferromagnetism layer.

[0034] Moreover, the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment may include the process which removes further the 2nd insulating layer protruded into the top face of a magnetic resistance element after formation of the 2nd insulating layer.

[0035] Moreover, in the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment, at least one side of the process which forms the 1st insulating layer, and the process which forms the 3rd insulating layer may form the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition. In this case, as chemical vapor deposition, low voltage chemical vapor deposition may be used and plasma chemistry-vapor growth may be used.

[0036] Moreover, in the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment, the process which forms the 3rd insulating layer may form the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition at the temperature below 300-degreeC.

[0037] Moreover, the manufacture approach of the thin film magnetic head of this invention Furthermore, the 1st and 2nd magnetic layers which consist of at least one layer including the magnetic pole part which each other is connected magnetically and counters a medium opposed face side mutually, respectively, At least the gap layer prepared between the magnetic pole part of the 1st magnetic layer and the magnetic pole part of the 2nd magnetic layer and a part between the 1st and 2nd magnetic layers The process which forms the induction type MAG sensing element which has the thin film coil prepared in the condition of having insulated to the 1st and 2nd magnetic layers may be included.

[0038]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing. First, with reference to drawing 1 thru/or drawing 12 , the outline of the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of 1 operation of this invention and the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment is explained. The spin bulb GMR component is used for the reproducing head of the thin film magnetic head with the gestalt of this operation. In addition, in drawing 1 thru/or drawing 9 , (a) shows a cross section vertical to an air bearing side, and (b) shows the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0039] By the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of this operation, first, as shown in drawing 1 , the insulating layer 2 which consists of an alumina (aluminum 2O3) is deposited by the thickness of about 5 micrometers on the substrate 1 which consists of ARUTIKKU (aluminum 2O3, TiC). Next, the lower shielding layer 3 for the reproducing heads which consists of a magnetic material is formed on an insulating layer 2 at the thickness of 2-3 micrometers.

[0040] Next, as shown in drawing 2 , 1st shielding gap film 4a as the 1st insulating layer is formed on the lower shielding layer 3 at the thickness of 10-20nm. As an insulating material used for shielding gap film 4a, there are an alumina, alumimium nitride, diamond-like carbon (DLC), etc. moreover, shielding gap film 4a -- a spatter -- you may form -- chemical vapor growth (it is hereafter described as CVD.) -- you may form by law. As a CVD method, a low voltage CVD method and a plasma-CVD method are used, for example. In forming shielding gap film 4a which consists of

alumina film with a CVD method, as an ingredient, it uses trimethylaluminum (aluminum<sub>3</sub> (CH<sub>3</sub>)) and H<sub>2</sub>O. By forming the alumina film using a CVD method, it becomes it is thin, and is precise and possible to form little good shielding gap film 4a of a pinhole.

[0041] Next, two or more layers which constitute the GMR component for playback are formed on shielding gap film 4a. Next, the photoresist pattern 21 is selectively formed in the location which should form a GMR component on the maximum upper layer of two or more of these layers. At this time, the configuration which can perform a lift off easily, for example, a cross-section configuration, forms the photoresist pattern 21 of T mold. Next, by using the photoresist pattern 21 as a mask, two or more layers which constitute a GMR component are etched selectively, carry out patterning, and the GMR component 5 is formed. In addition, the procedure which forms the GMR component 5 is explained in detail later.

[0042] Next, as shown in drawing 3, 2nd shielding gap film 4b as the 2nd insulating layer which becomes the perimeter of the GMR component 5 from insulating materials, such as an alumina, is formed by the spatter on shielding gap film 4a by using the photoresist pattern 21 as a mask at the thickness of 100-300nm. Next, the lift off of the photoresist pattern 21 is carried out. Next, about 1nm of top faces of the GMR component 5 is etched, and 2nd shielding gap film 4b overflowing into the top face of the GMR component 5 is removed.

[0043] Drawing 10 is the top view showing the GMR component 5 and 2nd shielding gap film 4b at this event.

[0044] Next, as shown in drawing 4, the photoresist pattern 23 for deciding the width of recording track of the reproducing head is newly formed on the GMR component 5. At this time, the configuration which can perform a lift off easily, for example, a cross-section configuration, forms the photoresist pattern 23 of T mold. next, the conductive layer 6 of the couple electrically connected to the GMR component 5 on 2nd shielding gap film 4b by using the photoresist pattern 23 as a mask -- dozens-100 -- it forms in the thickness of dozens of nm. In addition, the procedure which forms a conductive layer 6 is explained in detail later.

[0045] Next, as shown in drawing 5, the lift off of the photoresist pattern 23 is carried out. Next, although not illustrated, in order to make the resistance of a conductive layer 6 small, the film which consists of copper (Cu) is formed on a conductive layer 6 according to a lift-off process at the thickness of 50-100nm.

[0046] In addition, although drawing 4 (a) and drawing 5 (a) show the cross section which passes along a conductive layer 6, drawing 6 (a) thru/or drawing 9 (a) show the cross section which does not pass along a conductive layer 6.

[0047] Next, as shown in drawing 6, 3rd shielding gap film 7a as the 3rd insulating layer is formed at the thickness of 20-40nm on the GMR component 5 and 2nd shielding gap film 4b and conductive layer 6. As an insulating material used for shielding gap film 7a, there are an alumina, aluminum nitride, diamond-like carbon (DLC), etc. Moreover, shielding gap film 7a may be formed by the spatter, and may be formed with a CVD method. As a CVD method, a low voltage CVD method and a plasma-CVD method are used, for example. In forming shielding gap film 7a which consists of alumina film with a CVD method, as an ingredient, it uses trimethylaluminum (aluminum<sub>3</sub> (CH<sub>3</sub>)) and H<sub>2</sub>O. By forming the alumina film using a CVD method, it becomes it is thin, and is precise and possible to form little good shielding gap film 7a of a pinhole. Moreover, in forming shielding gap film 7a which consists of alumina film with a CVD method, in order to prevent degradation of a weak layer with the heat of two or more layers which constitute the GMR component 5, it is desirable to perform CVD at the temperature below 300-degreeC.

[0048] Next, except for the field corresponding to the GMR component 5, 4th shielding gap film 7b which consists of insulating materials, such as an alumina, on shielding gap film 7a is formed in the thickness of 50-150nm by the spatter.

[0049] Next, 1st layer 8a of the lower [ an up shielding layer-cum-] magnetic pole layer (it is hereafter described as an up shielding layer.) 8 which uses magnetic materials, such as NiFe, and is used to the both sides of the reproducing head and a recording head on the shielding gap film 7a and 7b is formed in the thickness of 1-2 micrometers by the spatter. At this time, the GMR component 5 of a conductive layer 6 forms [ coincidence ] a conductive layer on the edge of an opposite hand at the thickness of 1-2 micrometers using the same ingredient as 1st layer 8a of an up shielding layer.

[0050] In addition, the up shielding layer 8 consists of the 1st layer 8a, and the 2nd layer 8b and 3rd layer 8c which are mentioned later. 1st layer 8a of the up shielding 8 is arranged in the location which counters some thin film coils [ at least ] mentioned later.

[0051] Drawing 11 is the top view simplifying and showing the condition at this event. In drawing 11 , the sign 31 shows the conductive layer formed on the edge of an opposite hand in the GMR component 5 of a conductive layer 6. In addition, in drawing 11 , 1st layer 8a of the up shielding layer 8 is omitted.

[0052] Next, as shown in drawing 7 , on 1st layer 8a of the up shielding layer 8, magnetic materials, such as NiFe, are used and the 2nd layer 8b of the up shielding layer 8 and 3rd layer 8c are formed by the galvanizing method at the thickness of 1.5-2.0 micrometers. As for 2nd layer 8b, the end side is arranged in the air bearing side (medium opposed face which counters a record medium) 30. 3rd layer 8c is a part for connecting 1st layer 8a of the up shielding layer 8, and the up magnetic pole layer mentioned later, and is arranged at a part for the center section of the field which forms the thin film coil mentioned later. In the gestalt of this operation, 2nd layer 8b of the up shielding layer 8 specifies throat height. That is, the location of the edge of an opposite hand (it sets to drawing 7 (a) and is right-hand side) turns into a throat height zero location which is a location of the edge of an opposite hand in the air bearing side 30 of a magnetic pole part in the air bearing side 30 of 2nd layer 8b.

[0053] The 2nd layer 8b of the up shielding layer 8 and 3rd layer 8c NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight), NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight) which is a high saturation-magnetic-flux-density ingredient are used. You may form in a predetermined pattern by the galvanizing method, and using ingredients, such as FeN, FeZrN, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, after a spatter, it may etch selectively and you may form in a predetermined pattern by ion milling etc. In addition, CoFe, Co system amorphous material, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient may be used.

[0054] Next, the insulator layer 9 which consists of an alumina is formed in the whole at the thickness of about 0.3-0.5 micrometers.

[0055] Next, the thin film coil 10 which consists of copper (Cu) is formed in the thickness of 1-2 micrometers by the frame galvanizing method. The thin film coil 10 is arranged so that 3rd layer 8c of the up shielding layer 8 may be wound as a core, and a part is arranged in the side (it sets to drawing 7 (a) and is right-hand side) of 2nd layer 8b of the up shielding layer 8. Moreover, the conductive layer connected to coincidence at a conductive layer 31 using the same ingredient as the thin film coil 10 at this time is formed.

[0056] Drawing 12 is the top view simplifying and showing the condition at this event. In drawing 12 , the sign 32 shows the conductive layer connected to the conductive layer 31.

[0057] Next, as shown in drawing 7 , the insulating layer 11 which consists of an alumina is formed in the whole by the thickness of about 3-4 micrometers. Next, for example by CMP (chemical machinery polish), an insulating layer 11 is ground and flattening processing of the front face is carried out until the 2nd layer 8b of the up shielding layer 8 and 3rd layer 8c are exposed. Although the thin film coil 10 is not exposed, you may make it exposed [ the thin film coil 10 ] by drawing 7 here.

[0058] Next, as shown in drawing 8 , the record gap layer 12 which consists of an insulating material is formed at the thickness of 150-200nm on the 2nd layer 8b of the up shielding layer 8 and 3rd layer 8c which were exposed, and an insulating layer 11. Generally as an insulating material used for the record gap layer 12, there are an alumina, aluminum nitride, a silicon oxide system ingredient, a silicon nitride system ingredient, diamond-like carbon (DLC), etc. Moreover, the record gap layer 12 may be formed by the spatter, and may be formed with a CVD method. In forming the record gap layer 12 which consists of alumina film with a CVD method, as an ingredient, it uses trimethylaluminum (aluminum<sub>3</sub> (CH<sub>3</sub>)) and H<sub>2</sub>O. If a CVD method is used, it will become it is thin, and is precise and possible to form few good record gap layers 12 of a pinhole.

[0059] Next, for magnetic-path formation, in the part on 3rd layer 8c of the up shielding layer 8, the record gap layer 12 is etched selectively and a contact hole is formed.

[0060] Next, as shown in drawing 9 , the up magnetic pole layer 13 which consists of a magnetic material is formed by the thickness of 3 micrometers on the record gap layer 12 at a predetermined

pattern. Using the ingredient of NiFe (nickel:80 % of the weight, Fe:20 % of the weight) and NiFe (nickel:45 % of the weight, Fe:55 % of the weight) which is a high saturation-magnetic-flux-density ingredient, the up magnetic pole layer 13 may be formed by the galvanizing method, and may be formed by the sputter using ingredients, such as FeN, FeZrN, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient. In addition, CoFe, Co system amorphous material, etc. which are a high saturation-magnetic-flux-density ingredient may be used. Moreover, it is good also as structure which laid the insulator layer of an inorganic system, and magnetic layers, such as a permalloy, on top of many layers for the up magnetic pole layer 13 because of an improvement of a RF property.

[0061] The magnetic pole part arranged among the up magnetic pole layers 13 at the air bearing side 30 side has width of face equal to the width of recording track of a recording head, and counters with 2nd layer 8b of the up shielding layer 8 through the record gap layer 12. Moreover, the part near the edge of an opposite hand is connected to 3rd layer 8c of the up shielding layer 8 in the air bearing side 30 among the up magnetic pole layers 13. Thereby, the up magnetic pole layer 13 and the up shielding layer (lower magnetic pole layer) 8 are connected magnetically.

[0062] Next, by using the magnetic pole part of the up magnetic pole layer 13 as a mask, by dry etching, the record gap layer 12 is etched selectively, and further, 2nd about about 0.3-0.6 micrometers layer 8b of the up shielding layer 8 is selectively etched for example, by argon ion milling, and it considers as trim structure as shown in drawing 9 (b). According to this trim structure, the increment in the effective width of recording track by the breadth of the magnetic flux generated at the time of the writing of a narrow track can be prevented.

[0063] Next, the overcoat layer 14 which consists of an alumina is formed in the thickness of 20-30 micrometers, flattening of the front face is carried out to the whole, and the pad for electrodes which is not illustrated is formed on it. Finally polish processing of the slider containing above-mentioned each class is performed, the air bearing side of a recording head and the reproducing head is formed, and the thin film magnetic head is completed.

[0064] In the gestalt of this operation, the lower shielding layer 3 is equivalent to the 1st shielding layer in this invention, and the up shielding layer 8 is equivalent to the 2nd shielding layer in this invention.

[0065] Moreover, an up shielding layer (lower magnetic pole layer), the record gap layer 12, the up magnetic pole layer 13, and the thin film coil 10 correspond to the induction type MAG sensing element in this invention.

[0066] As explained above, the thin film magnetic head manufactured by the manufacture approach concerning the gestalt of this operation is equipped with the reproducing head and a recording head (induction type MAG sensing element). The reproducing head has been arranged so that the part by the side of the GMR component 5 and the medium opposed face 30, i.e., an air bearing side, which counters a record medium may counter on both sides of the GMR component 5. The lower shielding layer 3 and the up shielding layer 8 for shielding the GMR component 5, 1st shielding gap film 4a prepared between the conductive layer 6 connected to the GMR component 5, and the GMR component 5, and a conductive layer 6 and the lower shielding layer 3, 2nd shielding gap film 4b arranged between 1st shielding gap film 4a and a conductive layer 6 in the perimeter of the GMR component 5, It has 3rd shielding gap film 7a prepared between the GMR component 5, and a conductive layer 6 and the up shielding layer 8, and 4th shielding gap film 7b prepared except for the field corresponding to the GMR component 5 between 3rd shielding gap film 7a and the up shielding layer 8. Moreover, the reproducing head in the gestalt of this operation is also magneto-resistive effect equipment in the gestalt of this operation.

[0067] The lower magnetic pole layer (up shielding layer 8) and the up magnetic pole layer 13 which consist of at least one layer including the magnetic pole part which the recording head of each other is connected magnetically and counters the air bearing side 30 side mutually, respectively, It has the record gap layer 12 prepared between the magnetic pole part of a lower magnetic pole layer, and the magnetic pole part of the up magnetic pole layer 13, and the thin film coil 10 with which the part [ at least ] was prepared in the condition of having insulated to these between the lower magnetic pole layer and the up magnetic pole layer 13.

[0068] Here, with reference to drawing 13, an example of the configuration of the GMR component 5 in the gestalt of this operation is explained. In this example, the GMR component 5 has 5g of

protective layers which the laminating was carried out to order from the 1st shielding gap film 4a side, for example, consist of 5d of 5f of substrate layers which consist of Ta, for example, antiferromagnetism layer which consists of PtMn 5a, for example, magnetic layer 5e which consists of Co, for example, Ta, for example, free layer (magnetic layer) which consists of NiFe 5c, for example, non-magnetic layer 5b which consists of Cu, for example the magnetic layer which consists of Co,. In addition, below, in order to simplify explanation, only antiferromagnetism layer 5a, non-magnetic layer 5b, and free layer 5c are mentioned and explained among two or more layers which constitute the GMR component 5.

[0069] Next, with reference to drawing 14 thru/or drawing 20 , the procedure which forms, the reproducing head in a gestalt, i.e., the magneto-resistive effect equipment, of this operation, is explained in detail. In addition, drawing 14 thru/or drawing 20 show the cross section parallel to the air bearing side of a magnetic pole part.

[0070] Drawing 14 shows the condition after it forms two or more layers 5a, 5b, and 5c which constitute the GMR component 5 on 1st shielding gap film 4a and a cross-section configuration forms the photoresist pattern 21 of T mold on it. Here, the thickness of antiferromagnetism layer 5a is [ the thickness of 2nm and free layer 5c of the thickness of 10-20nm and non-magnetic layer 5b ] 3-6nm. Two or more layers 5a, 5b, and 5c which can be set at this event correspond to the film for magnetic resistance elements in this invention.

[0071] As shown in drawing 15 , with the gestalt of this operation next, even free layer 5c is etched by using the photoresist pattern 21 as a mask among two or more layers which constitute the GMR component 5 using a part of thickness direction, for example, the 1st dry etching containing a chemical etching element and a physical etching element, in the part which should etch two or more layers which constitute the GMR component 5 at least from an upside. This process is called 1st etching process. For example, reactive ion etching (called reactant sputter etching or reactant ion sputter etching.) using the gas etchant of an Freon system as the 1st dry etching is used.

[0072] At the 1st etching process, it leaves only 5d of substrate layers to a part of thickness direction, for example, antiferromagnetism layer 5a, from the bottom among two or more layers which constitute the GMR component 5. Thereby, 1st shielding gap film 4a does not receive breakage by dry etching.

[0073] Next, with the gestalt of this operation, the layer of the bottom [ layer /, for example non-magnetic layer 5b, / the layer which remained without being etched at the 1st etching process among two or more layers which constitute the GMR component 5 ] is etched by using the photoresist pattern 21 as a mask using the 2nd dry etching with the larger ratio of physical etching than the 1st dry etching in the part which should etch two or more layers which constitute the GMR component 5. This process is called 2nd etching process. As the 2nd dry etching, ion milling is used, for example.

[0074] In addition, as shown in drawing 15 , at the 1st etching process, an etch residue 22 may carry out the reattachment to the side face of the photoresist pattern 21. So, at the 2nd etching process, as shown in drawing 16 , ion milling which made the angle of incidence of an ion beam 24 45 degrees or 70 degrees is performed, and an etch residue 22 and the layer which remained without being etched at the 1st etching process are removed.

[0075] Since two or more layers of all that constitute the GMR component 5 are not etched but some layers of them are only etched, etching time is short and can be managed with the 2nd etching process. Therefore, even if it uses ion milling as the 2nd etching, there is very little breakage on 1st shielding gap film 4a.

[0076] Patterning of two or more layers which constitute the GMR component 5 is etched and carried out by the above-mentioned 1st and the 2nd etching process, and the GMR component 5 is formed. Thus, since the 2nd etching is anisotropic etching, the side attachment wall of the formed GMR component 5 becomes almost vertical to the top face of 1st shielding gap film 4a. Moreover, the die length from the edge by the side of the air bearing side of the GMR component 5 to the edge of an opposite hand determines MR height.

[0077] Next, as shown in drawing 17 , 2nd shielding gap film 4b as the 2nd insulating layer which becomes the perimeter of the GMR component 5 from insulating materials, such as an alumina, is formed by the spatter on 1st shielding gap film 4a by using the photoresist pattern 21 as a mask at the



thickness of 100-300nm. Next, the lift off of the photoresist pattern 21 is carried out. Thus, temporarily, since 2nd shielding gap film 4b is formed in the perimeter of the GMR component 5, even if 1st shielding gap film 4a has received breakage by over etching, in the 2nd etching process, a carrier beam part is covered with 2nd shielding gap film 4b in breakage. Therefore, the insulation between the conductive layers 6 and the lower shielding layers 3 which are formed behind is secured enough.

[0078] By the way, if 2nd shielding gap film 4b is formed in the perimeter of the GMR component 5, as shown in drawing 17, 2nd shielding gap film 4b may overflow into the top face of the GMR component 5. The thickness of the insulating layer which set the shielding gap film 4b and 7a in the condition of this as in the part which counters the top face of the GMR component 5 when 3rd shielding gap film 7a was formed on 2nd shielding gap film 4b becomes an ununiformity.

[0079] So, with the gestalt of this operation next, as shown in drawing 18, about 1nm of top faces of the GMR component 5 is etched, and 2nd shielding gap film 4b overflowing into the top face of the GMR component 5 is removed. Thereby, only 3rd shielding gap film 7a of thin uniform thickness can be formed on the GMR component 5. Consequently, thickness of the insulating layer formed on the GMR component 5 can be made into homogeneity, and the engine performance of the reproducing head can be raised.

[0080] Next, as shown in drawing 19, the photoresist pattern 23 for deciding the width of recording track of the reproducing head is newly formed on the GMR component 5. Next, in some layers of the upside of two or more layers of the GMR component 5, the part of a crosswise outside is etched by using the photoresist pattern 23 as a mask to the part which specifies the width of recording track. Some or all of the thickness direction of for example, free layer 5c is sufficient as what is etched, and it is good even to non-magnetic layer 5b.

[0081] Next, the layer 61 of a couple which consists of the same ingredient as the part etched as mentioned above and the layer etched into the perimeter of the GMR component 5, for example, free layer 5c, for example, NiFe, is formed. This layer 61 is formed in order to make good electrical installation of the GMR component 5 and a conductive layer 6. Next, the antiferromagnetism layer 62 of a couple which consists of RuRhMn or IrMn is formed on the layer 61 of a couple.

[0082] thus, by forming in the part on the GMR component 5 the film 61 and the antiferromagnetism layer 62 which consist of NiFe, the reproducing head serves as the configuration of having used the exchange bias method (BCS (BoundaryControl Stabilizer) -- called law.), and as shown in drawing 19, the tooth-space width of face of the layers 61 and 62 on the GMR component 5 determines width-of-recording-track W.

[0083] next, the conductive layer 6 which consists of Ta and Au on the antiferromagnetism layer 62 - dozens-100 -- it forms in the thickness of dozens of nm. Next, the lift off of the photoresist pattern 23 is carried out. Next, although not illustrated, in order to make the resistance of a conductive layer 6 small, the film which consists of copper (Cu) is formed on a conductive layer 6 according to a lift-off process at the thickness of 50-100nm.

[0084] Next, as shown in drawing 20, 3rd shielding gap film 7a as the 3rd insulating layer is formed at the thickness of 20-40nm on the GMR component 5 and 2nd shielding gap film 4b and conductive layer 6. As already explained, 3rd shielding gap film 7a is good also as alumina film formed by the CVD method. In this case, in order to prevent degradation of antiferromagnetism layer 5a weak with heat among two or more layers which constitute the GMR component 5, it is desirable to perform CVD at the temperature below 300-degreeC.

[0085] Next, except for the field corresponding to the GMR component 5, 4th shielding gap film 7b which consists of insulating materials, such as an alumina, on shielding gap film 7a is formed in the thickness of 50-150nm by the spatter.

[0086] Then, through the already explained process, as shown in drawing 20, the thin film magnetic head is completed.

[0087] As explained above, with the gestalt of this operation, a part of thickness direction of the parts which should etch two or more layers 5a, 5b, and 5c which constitute the GMR component 5 is etched according to the 1st [ using the 1st dry etching containing a chemical etching element and a physical etching element ] etching process. And according to the 2nd [ using the 2nd dry etching with the larger ratio of physical etching than the 1st dry etching ] etching process, the remaining part



of the parts which should etch two or more layers 5a, 5b, and 5c which constitute the GMR component 5 is etched, and the GMR component 5 is formed. Therefore, according to the gestalt of this operation, breakage on 1st shielding gap film 4a can be suppressed. Moreover, since according to the gestalt of this operation 2nd shielding gap film 4b was formed so that 1st shielding gap film 4a might be covered before formation of a conductive layer 6, the insulation between a conductive layer 6 and the lower shielding layer 3 is securable. From these things, according to the gestalt of this operation, the electric short circuit of the conductive layer 6 and the lower shielding layer 3 which were connected to the GMR component 5 can be prevented, and the noise to the GMR component 5 can be reduced.

[0088] Moreover, since the 2nd etching process that the ratio of physical etching is large removes the etch residue generated at the 1st etching process, and the layer which remained without being etched at the 1st etching process according to the gestalt of this operation, the configuration of the GMR component 5 can be specified to accuracy. Therefore, according to the gestalt of this operation, while MR height is controllable to accuracy, the reproducing head with small MR height is realizable.

[0089] Moreover, since 2nd shielding gap film 4b protruded into the top face of the GMR component 5 after formation of 2nd shielding gap film 4b was removed according to the gestalt of this operation, thickness of the insulating layer formed on the GMR component 5 can be made into homogeneity, and the engine performance of the reproducing head can be raised. <BR> [0090]

Moreover, in the gestalt of this operation, when the shielding gap film 4a and 7a is formed using a CVD method, the good and thin shielding gap film 4a and 7a can be formed, and the engine performance of the reproducing head can be raised. Moreover, since step coverage is excellent while being able to form thinly, the alumina film formed using a CVD method is effective in especially using as 3rd shielding gap film 7a formed in the irregular part on the GMR component 5.

[0091] Moreover, according to the gestalt of this operation, in order to improve a Sir MARUASU pilus tee, it can become possible to make sufficiently thin the shielding gap film 4a and 7a, and the engine performance of the reproducing head can be raised.

[0092] Moreover, since according to the gestalt of this operation it is on 1st layer 8a of the up shielding layer 8, the thin film coil 10 is arranged to the side of 2nd layer 8b and flattening of the top face of the wrap insulating layer 11 was carried out for the thin film coil 10, the up magnetic pole layer 13 can be formed on a flat field. Therefore, according to the gestalt of this operation, in the magnetic pole part of the up magnetic pole layer 13, formation becomes possible minutely also in for example, a half micron dimension or a quarter micron dimension, and the cutback of the width of recording track of a recording head is attained.

[0093] Moreover, with the gestalt of this operation, the magnetic pole part of the up magnetic pole layer 13 which specifies the width of recording track of a recording head does not specify throat height, but 2nd layer 8b of the up shielding layer (lower magnetic pole layer) 8 specifies throat height with it. Therefore, according to the gestalt of this operation, even if the width of recording track becomes small, it becomes possible to be accurate and to specify throat height to homogeneity.

[0094] Furthermore, since the thin film coil 10 can be formed on a flat field in the side of 2nd layer 8b of the up shielding layer 8, while becoming possible to form the thin film coil 10 minutely according to the gestalt of this operation, the edge of the thin film coil 10 can be arranged an edge [ the edge of an opposite hand ], i.e., a throat height zero location near, in the air bearing side 30 of 2nd layer 8b of the up shielding layer 8. According to the gestalt of this operation from these things, the cutback of the magnetic-path length of a recording head is attained.

[0095] In addition, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned implementation. For example, with the gestalt of operation, although ion milling was used as the 2nd dry etching, using reactive ion etching as the 1st dry etching, the combination of the 1st dry etching and the 2nd dry etching is not restricted to this. For example, sputter etching may be used as the 2nd dry etching, or ion milling may be used as the 2nd dry etching, using sputter etching as the 1st dry etching, using reactive ion etching as the 1st dry etching.

[0096] Moreover, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although the spin bulb GMR component was used as a magnetic resistance element, this invention can be applied as a magnetic resistance element, also when using the AMR component, GMR components other than a spin bulb, and a TMR (tunnel magneto-resistive effect) component. Moreover, the configuration of a

spin bulb GMR component is not restricted to what was shown in drawing 13 .

[0097] Moreover, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the thin film magnetic head of the structure which read to the base side, formed MR component of business, and carried out the laminating of the induction type MAG sensing element for writing on it, this built-up sequence may be made into reverse.

[0098] That is, it may write in a base side, the induction type MAG sensing element of business may be formed, and MR component for reading may be formed on it. Such structure is realizable by forming in a base side by using as a lower magnetic pole layer the magnetic film which has the function of the up magnetic pole layer shown in the gestalt of the above-mentioned implementation for example, and forming the magnetic film which has the function of the lower magnetic pole layer it was indicated to the gestalt of the above-mentioned implementation that countered it as an up magnetic pole layer through the record gap film. In this case, it is desirable to make the up magnetic pole layer of an induction type MAG sensing element and the lower shielding layer of MR component make it serve a double purpose.

[0099] In addition, it is desirable to use the base in which the crevice was formed, in such the thin film magnetic head of structure. And magnitude of the thin film magnetic head itself can be further cutback-ized by forming the coil section in the crevice of a base.

[0100] Moreover, when using as only for reading, it is good also as a configuration equipped only with the magnetic resistance element for reading for the thin film magnetic head.

[0101] Moreover, the magneto-resistive effect equipment in this invention is applicable not only to the reproducing head of the thin film magnetic head but a revolution position sensor, a magnetometric sensor, a current sensor, etc.

[0102]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 1 to 13, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment according to claim 14 to 25 According to the 1st etching process, a part of thickness direction of the parts which should etch the film for magnetic resistance elements is etched. According to the 2nd etching process Since the remaining part of the parts which should etch the film for magnetic resistance elements is etched and the magnetic resistance element was formed Since the insulation between the 1st shielding layer and a conductive layer is securable with the 2nd insulating layer while being able to suppress breakage on the 1st insulating layer, the effectiveness that the electric short circuit of the conductive layer and shielding layer which were connected to the magnetic resistance element can be prevented is done so. Moreover, the effectiveness that the configuration of a magnetic resistance element can be specified to accuracy is done so according to the 2nd etching process.

[0103] Moreover, since the 2nd insulating layer protruded into the top face of a magnetic resistance element after formation of the 2nd insulating layer was removed according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 8, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment according to claim 21, thickness of the insulating layer formed on a magnetic resistance element can be made into homogeneity, and the effectiveness that the engine performance of the thin film magnetic head or magneto-resistive effect equipment can be raised is done so.

[0104] Moreover, according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 9 to 11, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment according to claim 22 to 24 Since at least one side of the process which forms the 1st insulating layer, and the process which forms the 3rd insulating layer formed the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition A good and thin insulating layer can be formed and the effectiveness that the engine performance of the thin film magnetic head or magneto-resistive effect equipment can be raised is done so.

[0105] Moreover, since the process which forms the 3rd insulating layer formed the alumina film as an insulating layer using chemical vapor deposition at the temperature below 300-degreeC according to the manufacture approach of the thin film magnetic head according to claim 12, or the manufacture approach of magneto-resistive effect equipment according to claim 25, the effectiveness that degradation of a magnetic resistance element can be prevented is done so.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a sectional view for explaining one process in the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is a sectional view for explaining the process following drawing 1 .

[Drawing 3] It is a sectional view for explaining the process following drawing 2 .

[Drawing 4] It is a sectional view for explaining the process following drawing 3 .

[Drawing 5] It is a sectional view for explaining the process following drawing 4 .

[Drawing 6] It is a sectional view for explaining the process following drawing 5 .

[Drawing 7] It is a sectional view for explaining the process following drawing 6 .

[Drawing 8] It is a sectional view for explaining the process following drawing 7 .

[Drawing 9] It is a sectional view for explaining the process following drawing 8 .

[Drawing 10] It is a top view corresponding to drawing 3 .

[Drawing 11] It is a top view corresponding to drawing 6 .

[Drawing 12] It is a top view corresponding to drawing 7 .

[Drawing 13] It is the sectional view showing an example of the configuration of the GMR component in the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 14] It is a sectional view for explaining one process in the manufacture approach of the thin film magnetic head concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 15] It is a sectional view for explaining the process following drawing 14 .

[Drawing 16] It is a sectional view for explaining the process following drawing 15 .

[Drawing 17] It is a sectional view for explaining the process following drawing 16 .

[Drawing 18] It is a sectional view for explaining the process following drawing 17 .

[Drawing 19] It is a sectional view for explaining the process following drawing 18 .

[Drawing 20] It is a sectional view for explaining the process following drawing 19 .

[Drawing 21] It is a sectional view for explaining one process in the manufacture approach of the conventional thin film magnetic head.

[Drawing 22] It is a sectional view for explaining the process following drawing 21 .

[Drawing 23] It is a sectional view for explaining the process following drawing 22 .

[Drawing 24] It is a sectional view for explaining the process following drawing 23 .

[Drawing 25] It is a top view corresponding to drawing 23 .

[Drawing 26] It is a top view corresponding to drawing 24 .

[Description of Notations]

1 [ -- The 1st shielding gap film, 4b / -- The 2nd shielding gap film, 5 / -- MR component, 6 / -- A conductive layer, 7a / -- The 3rd shielding gap film, 7b / -- The 4th shielding gap film, 8 / -- An up shielding layer, 10 / -- A thin film coil, 12 / -- A record gap layer, 13 / -- An up magnetic pole layer, 14 / -- Overcoat layer. ] -- A substrate, 2 -- An insulating layer, 3 -- A lower shielding layer, 4a

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-84535

(P2001-84535A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 3
5/31		5/31	A 5 D 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平11-261500

(22) 出願日 平成11年9月16日 (1999.9.16)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 佐々木 芳高

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

Fターム(参考) 5D033 AA02 BA08 BB03 DA08

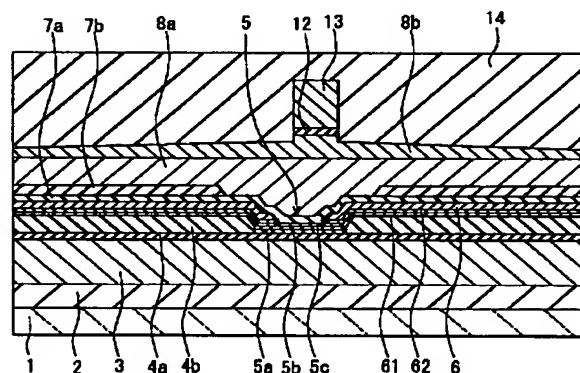
5D034 BA03 BA09 BA15 BB09 DA07

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドの製造方法および磁気抵抗効果装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗素子に接続された導電層とシールド層との電氣的短絡を防止できるようにする。

【解決手段】 薄膜磁気ヘッドは、再生ヘッドと記録ヘッドとを備えている。再生ヘッドは、GMR素子5と、GMR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層8と、GMR素子5に接続された導電層6と、シールド層3、8の間に形成されたシールドギャップ膜4a、4b、7a、7bを備えている。GMR素子5を構成する複数の層5a~5cはシールドギャップ膜4aの上に形成され、反応性イオンエッチングによって複数の層5a~5cの厚み方向の一部がエッチングされ、イオンミリングによって残りの部分がエッチングされて、GMR素子5が形成される。シールドギャップ膜4a上のGMR素子5の周囲にはシールドギャップ膜4bが形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気抵抗素子と、記録媒体に対向する媒体対向面側の一部が前記磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置された、前記磁気抵抗素子をシールドするための第 1 および第 2 のシールド層と、前記磁気抵抗素子に接続された導電層と、前記磁気抵抗素子および前記導電層と前記第 1 のシールド層との間に設けられた第 1 の絶縁層と、前記磁気抵抗素子の周囲において前記第 1 の絶縁層と前記導電層との間に配置された第 2 の絶縁層と、前記磁気抵抗素子および前記導電層と前記第 2 のシールド層との間に設けられた第 3 の絶縁層とを備えた薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、前記第 1 のシールド層を形成する工程と、前記第 1 のシールド層の上に前記第 1 の絶縁層を形成する工程と、前記第 1 の絶縁層の上に前記磁気抵抗素子となる磁気抵抗素子用膜を形成する工程と、前記磁気抵抗素子用膜を選択的にエッチングして前記磁気抵抗素子を形成する工程と、前記第 1 の絶縁層の上に前記第 2 の絶縁層を形成する工程と、前記第 2 の絶縁層の上に前記導電層を形成する工程と、前記磁気抵抗素子、第 2 の絶縁層および導電層の上に前記第 3 の絶縁層を形成する工程と、前記第 3 の絶縁層の上に前記第 2 のシールド層を形成する工程とを含む、前記磁気抵抗素子を形成する工程は、前記磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの厚み方向の一部を、化学的エッチング要素と物理的エッチング要素とを含む第 1 のドライエッチングを用いてエッチングする第 1 のエッチング工程と、前記磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの残りの部分を、前記第 1 のドライエッチングよりも物理的エッチングの比率の大きい第 2 のドライエッチングを用いてエッチングする第 2 のエッチング工程とを含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 2】 前記第 1 のドライエッチングは反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 3】 前記第 2 のドライエッチングはイオンミリングであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 4】 前記磁気抵抗素子は複数の層からなることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 5】 更に、前記第 2 の絶縁層の形成後に、前記磁気抵抗素子の複数の層のうちの上側の一部の層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする工程と、このエッチング後に、エッチングされた部分と前記磁気抵抗素子の周囲に、エ

ッチングされた層と同じ材料の層と反強磁性層とを順に形成する工程とを含み、前記導電層を形成する工程は前記反強磁性層の上に導電層を形成することを特徴とする請求項 4 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】 前記磁気抵抗素子はフリー層が上側に配置されたスピンバルブ巨大磁気抵抗素子であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 7】 更に、前記第 2 の絶縁層の形成後に、前記磁気抵抗素子のフリー層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする工程と、このエッチング後に、エッチングされた部分と前記磁気抵抗素子の周囲に、前記フリー層と同じ材料の層と反強磁性層とを順に形成する工程とを含み、前記導電層を形成する工程は前記反強磁性層の上に導電層を形成することを特徴とする請求項 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 8】 更に、前記第 2 の絶縁層の形成後に、前記磁気抵抗素子の上面にはみ出した第 2 の絶縁層を除去する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 9】 前記第 1 の絶縁層を形成する工程と前記第 3 の絶縁層を形成する工程の少なくとも一方は、化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成することを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 10】 前記化学的気相成長法として低压化学的気相成長法を用いることを特徴とする請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 11】 前記化学的気相成長法としてプラズマ化学的気相成長法を用いることを特徴とする請求項 9 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 前記第 3 の絶縁層を形成する工程は、300℃以下の温度で化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成することを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 更に、互いに磁気的に連結され、前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層からなる第 1 および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層の磁極部分と前記第 2 の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを有する誘導型磁気変換素子を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 磁気抵抗素子と、前記磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置された、前記磁気抵抗素子を

シールドするための第1および第2のシールド層と、前記磁気抵抗素子に接続された導電層と、前記磁気抵抗素子および前記導電層と前記第1のシールド層との間に設けられた第1の絶縁層と、前記磁気抵抗素子の周囲において前記第1の絶縁層と前記導電層との間に配置された第2の絶縁層と、前記磁気抵抗素子および前記導電層と前記第2のシールド層との間に設けられた第3の絶縁層とを備えた磁気抵抗効果装置の製造方法であって、前記第1のシールド層を形成する工程と、前記第1のシールド層の上に前記第1の絶縁層を形成する工程と、前記第1の絶縁層の上に前記磁気抵抗素子となる磁気抵抗素子用膜を形成する工程と、前記磁気抵抗素子用膜を選択的にエッチングして前記磁気抵抗素子を形成する工程と、前記第1の絶縁層の上に前記第2の絶縁層を形成する工程と、前記第2の絶縁層の上に前記導電層を形成する工程と、前記磁気抵抗素子、第2の絶縁層および導電層の上に前記第3の絶縁層を形成する工程と、前記第3の絶縁層の上に前記第2のシールド層を形成する工程とを含む、前記磁気抵抗素子を形成する工程は、前記磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの厚み方向の一部を、化学的エッチング要素と物理的エッチング要素とを含む第1のドライエッチングを用いてエッチングする第1のエッチング工程と、前記磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの残りの部分を、前記第1のドライエッチングよりも物理的エッチングの比率の大きい第2のドライエッチングを用いてエッチングする第2のエッチング工程とを含むことを特徴とする磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項15】 前記第1のドライエッチングは反応性イオンエッチングであることを特徴とする請求項14記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項16】 前記第2のドライエッチングはイオンミリングであることを特徴とする請求項14または15記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項17】 前記磁気抵抗素子は複数の層からなることを特徴とする請求項14ないし16のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項18】 更に、前記第2の絶縁層の形成後に、前記磁気抵抗素子の複数の層のうちの上側の一部の層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする工程と、このエッチング後に、エッチングされた部分と前記磁気抵抗素子の周囲に、エッチングされた層と同じ材料の層と反強磁性層とを順に形成する工程とを含む、前記導電層を形成する工程は前記反強磁性層の上に導電層を形成することを特徴とする請求項17記載の磁気抵

抗効果装置の製造方法。

【請求項19】 前記磁気抵抗素子はフリー層が上側に配置されたスピバルブ巨大磁気抵抗素子であることを特徴とする請求項14ないし16のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項20】 更に、前記第2の絶縁層の形成後に、前記磁気抵抗素子のフリー層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする工程と、このエッチング後に、エッチングされた部分と前記磁気抵抗素子の周囲に、前記フリー層と同じ材料の層と反強磁性層とを順に形成する工程とを含む、前記導電層を形成する工程は前記反強磁性層の上に導電層を形成することを特徴とする請求項19記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項21】 更に、前記第2の絶縁層の形成後に、前記磁気抵抗素子の上面にはみ出した第2の絶縁層を除去する工程を含むことを特徴とする請求項14ないし20のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項22】 前記第1の絶縁層を形成する工程と前記第3の絶縁層を形成する工程の少なくとも一方は、化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成することを特徴とする請求項14ないし21のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項23】 前記化学的気相成長法として低圧化学的気相成長法を用いることを特徴とする請求項22記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項24】 前記化学的気相成長法としてプラズマ化学的気相成長法を用いることを特徴とする請求項22記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【請求項25】 前記第3の絶縁層を形成する工程は、300℃以下の温度で化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成することを特徴とする請求項14ないし21のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも読み出し用の磁気抵抗素子を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法および磁気抵抗素子を有する磁気抵抗効果装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magnetoresistive）とも記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。MR素子としては、異方性磁気抵抗（以下、AMR（Anisotropic Magnetoresistive）と記す。）効果を用いたAMR素子と、巨大磁気



抵抗（以下、GMR（Giant Magnetoresistive）と記す。）効果を用いたGMR素子とがあり、AMR素子を用いた再生ヘッドはAMRヘッドあるいは単にMRヘッドと呼ばれ、GMR素子を用いた再生ヘッドはGMRヘッドと呼ばれる。AMRヘッドは、面記録密度が1ギガビット／（インチ）<sup>2</sup>を超える再生ヘッドとして利用され、GMRヘッドは、面記録密度が3ギガビット／（インチ）<sup>2</sup>を超える再生ヘッドとして利用されている。

【0003】ところで、再生ヘッドとしては、MR素子を磁性材料によって電気的および磁氣的にシールド（遮蔽）した構造のものが多く、

【0004】ここで、図21ないし図26を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、再生ヘッドにスピンバルブGMR素子を用いた複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。なお、図21ないし図24は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0005】この製造方法では、まず、図21に示したように、例えばアルティック（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）よりなる基板101の上に、例えばアルミナ（ $Al_2O_3$ ）よりなる絶縁層102を、約5 $\mu m$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102の上に、磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層103を、2～3 $\mu m$ の厚みに形成する。

【0006】次に、下部シールド層103の上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる絶縁層としての第1のシールドギャップ膜104aを、例えばスパッタにより、例えば20～40nmの厚みに形成する。次に、第1のシールドギャップ膜104aの上に、後述するGMR素子を形成すべき領域を除いて、アルミナ等の絶縁材料よりなる絶縁層としての第2のシールドギャップ膜104bを、例えばスパッタにより、例えば50～150nmの厚みに形成する。

【0007】次に、第2のシールドギャップ膜104bの上に、再生用のGMR素子を構成する複数の層として、約10～20nmの厚みの反強磁性層105a、約2～3nmの厚みの非磁性層105b、約3～6nmの厚みのフリー層（磁性層）105cを順に形成する。なお、GMR素子を構成する層としては、上記の他に、必要に応じて、ピン層となる磁性層等があるが、ここでは、説明を簡単にするために、上記の3つの層105a、105b、105cのみを挙げて説明する。

【0008】次に、フリー層105cの上において、GMR素子を形成すべき位置に選択的にフォトレジストパターン121を形成する。このとき、リフトオフを容易に行うことができるような形状、例えば断面形状がT型のフォトレジストパターン121を形成する。

【0009】次に、図22に示したように、フォトレジストパターン121をマスクとして、例えばイオンミリングによって、GMR素子を構成する上記の層105

a、105b、105cを選択的にエッチングし、パターンニングして、GMR素子105を形成する。

【0010】次に、図23に示したように、第1のシールドギャップ膜104aおよび第2のシールドギャップ膜104bの上に、フォトレジストパターン121をマスクとして、GMR素子105に電気的に接続される一対の導電層（リードともいう。）106を、例えば数十～百数十nmの厚みで、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジストパターン121をリフトオフする。図25は、この時点における第2のシールドギャップ膜104b、GMR素子105および導電層106を示す平面図である。

【0011】次に、図24に示したように、シールドギャップ膜104a、104b、GMR素子105および導電層106の上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる絶縁層としての第3のシールドギャップ膜107aを、例えばスパッタにより、例えば20～40nmの厚みに形成し、GMR素子105をシールドギャップ膜104a、107a内に埋設する。次に、GMR素子105の近傍を除く、第3のシールドギャップ膜107aの上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる絶縁層としての第4のシールドギャップ膜107bを、例えばスパッタにより、例えば50～150nmの厚みに形成する。

【0012】次に、シールドギャップ膜107a、107bの上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、上部シールド層と記す。）108を、約3 $\mu m$ の厚みに形成する。

【0013】次に、上部シールド層108の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層112を、0.2～0.3 $\mu m$ の厚みに形成する。次に、図示しないが、記録ギャップ層112において、後述する薄膜コイルを形成する領域の中央部分を選択的にエッチングして、コンタクトホールを形成する。

【0014】次に、図示しないが、記録ギャップ層112の上に、スロートハイトを決定する第1のフォトレジスト層を、約1.0～2.0 $\mu m$ の厚みで、所定のパターンに形成する。なお、スロートハイトとは、記録ヘッドにおける2つの磁性層が記録ギャップ層を介して対向する部分すなわち磁極部分の、エアベアリング面（記録媒体に対向する媒体対向面）側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。

【0015】次に、第1のフォトレジスト層の上に、記録ヘッドの薄膜コイルを、例えば3 $\mu m$ の厚みに形成する。次に、第1のフォトレジスト層および薄膜コイルの上に、薄膜コイルを絶縁するため第2のフォトレジスト層を、所定のパターンに形成する。図26は、この時点における状態を簡略化して示す平面図である。図26において、符号113は簡略化して表した薄膜コイルを示している。また、符号131は、導電層106のGMR

素子105とは反対側の端部の上に形成された導電層を示し、符号132は、導電層131に接続された導電層を示している。導電層131は、例えば、上部シールド層108と同じ材料によって、上部シールド層108と同時に形成される。また、導電層132は、例えば、薄膜コイル113と同じ材料によって、薄膜コイル113と同時に形成される。

【0016】次に、図24に示したように、記録ギャップ層112と第1および第2のフォトレジスト層の上に、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイ(NiFe)よりなる上部磁極層114を、約3 $\mu$ mの厚みに形成する。この上部磁極層114は、薄膜コイルが形成された領域の中央部分に形成されたコンタクトホールを通して、上部シールド層(下部磁極層)108と接触し、磁氣的に連結している。

【0017】次に、上部磁極層114の磁極部分をマスクとして、例えばイオンミリングによって、記録ギャップ層112と上部シールド層(下部磁極層)108の一部をエッチングして、図24に示したように、上部磁極層114、記録ギャップ層112および上部シールド層(下部磁極層)108の一部の各側壁が垂直に自己整合的に形成されたトリム(Trim)構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。

【0018】次に、上部磁極層114上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層115を、20~30 $\mu$ mの厚みに形成する。最後に、上記各層を含むスライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】ところで、再生ヘッドの性能が向上してくると、サーマルアスピリティ(Thermal Asperity)が問題となってくる。サーマルアスピリティとは、再生時における再生ヘッドの自己発熱による再生特性の劣化を言う。このサーマルアスピリティを克服するため、従来は、下部シールド層やシールドギャップ膜の材料として冷却効率の優れた材料が求められていた。そのため、従来、下部シールド層には、パーマロイやセンダスト等の磁性材料が用いられていた。また、最近では、シールドギャップ膜の厚みを、例えば20~50nm程度に薄くする等して、冷却効率を上げる方法が採られている。

【0020】しかしながら、このようにシールドギャップ膜が薄くなると、MR素子(GMR素子を含む。)またはこれに接続された導電層とシールド層との間の磁氣的および電氣的な絶縁不良が発生しやすくなるという問題点がある。

【0021】これに関連して、従来の薄膜磁気ヘッドで

は、MR素子に接続された導電層とシールド層との電氣的短絡が問題となっていた。以下、この問題について、図21ないし図26に示した例を用いて説明する。

【0022】従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、図22に示したように、フォトレジストパターン121をマスクとして、例えばイオンミリングによって、GMR素子を構成する層105a、105b、105cを選択的にエッチングして、GMR素子105を形成する。このときのGMR素子105の幅や長さによって再生ヘッドのトラック幅やMRハイト(MR素子のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ(高さ))が決定されるため、GMR素子を構成する層105a、105b、105cをイオンミリングによってエッチングする際には、ある程度のオーバーエッチングを行う必要があった。そのため、図22に示したように、厚み20~40nmのごく薄い第1のシールドギャップ膜104aが損傷を受けて劣化したりエッチングされたりして、第1のシールドギャップ膜104aに穴が開くことがあった。

【0023】このように第1のシールドギャップ膜104aに穴が開いた状態で、図23に示したように導電層106を形成すると、下部シールド層103と導電層106とが電氣的に短絡してしまう。このように、下部シールド層103と導電層106とが電氣的に短絡すると、GMR素子105に対するノイズが増加するという問題が発生する。

【0024】なお、特開平7-296333号公報には、MR素子を形成するためのイオンミリングによってシールドギャップ膜が薄くなった領域に絶縁膜を形成する技術が示されている。しかしながら、この技術では、イオンミリングによるシールドギャップ膜の損傷自体を軽減することはできない。

【0025】また、従来は、図22に示したように、GMR素子105のパターンの端部をテーバーエッチングしていた。しかし、このようにテーバーエッチングすることは、特にトラック幅やMRハイトが小さい程、トラック幅やMRハイトを正確に制御することを難しくし、歩留りを低下させる一因となっていた。

【0026】本発明はかかる問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、磁気抵抗素子に接続された導電層とシールド層との電氣的短絡を防止できるようにすると共に、磁気抵抗素子の形状を正確に規定できるようにした薄膜磁気ヘッドの製造方法および磁気抵抗効果装置の製造方法を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気抵抗素子と、記録媒体に対向する媒体対向面側の一部が磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置された、磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層と、磁気抵抗素子に接続された

10

20

30

40

50

導電層と、磁気抵抗素子および導電層と第1のシールド層との間に設けられた第1の絶縁層と、磁気抵抗素子の周囲において第1の絶縁層と導電層との間に配置された第2の絶縁層と、磁気抵抗素子および導電層と第2のシールド層との間に設けられた第3の絶縁層とを備えた薄膜磁気ヘッドを製造する方法である。

【0028】本発明の磁気抵抗効果装置の製造方法は、磁気抵抗素子と、磁気抵抗素子を挟んで対向するように配置された、磁気抵抗素子をシールドするための第1および第2のシールド層と、磁気抵抗素子に接続された導電層と、磁気抵抗素子および導電層と第1のシールド層との間に設けられた第1の絶縁層と、磁気抵抗素子の周囲において第1の絶縁層と導電層との間に配置された第2の絶縁層と、磁気抵抗素子および導電層と第2のシールド層との間に設けられた第3の絶縁層とを備えた磁気抵抗効果装置を製造する方法である。

【0029】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法は、第1のシールド層を形成する工程と、第1のシールド層の上に第1の絶縁層を形成する工程と、第1の絶縁層の上に磁気抵抗素子となる磁気抵抗素子用膜を形成する工程と、磁気抵抗素子用膜を選択的にエッチングして磁気抵抗素子を形成する工程と、第1の絶縁層の上に第2の絶縁層を形成する工程と、第2の絶縁層の上に導電層を形成する工程と、磁気抵抗素子、第2の絶縁層および導電層の上に第3の絶縁層を形成する工程と、第3の絶縁層の上に第2のシールド層を形成する工程とを含み、磁気抵抗素子を形成する工程は、磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの厚み方向の一部を、化学的エッチング要素と物理的エッチング要素とを含む第1のドライエッチングを用いてエッチングする第1のエッチング工程と、磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの残りの部分を、第1のドライエッチングよりも物理的エッチングの比率の大きい第2のドライエッチングを用いてエッチングする第2のエッチング工程とを含むものである。

【0030】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法では、磁気抵抗素子を形成する工程のうちの第1のエッチング工程によって、磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの厚み方向の一部が、化学的エッチング要素と物理的エッチング要素とを含む第1のドライエッチングを用いてエッチングされ、第2のエッチング工程によって、磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの残りの部分が、第1のドライエッチングよりも物理的エッチングの比率の大きい第2のドライエッチングを用いてエッチングされる。これにより、第1の絶縁層の損傷が抑えられ、且つ磁気抵抗素子の形状を正確に規定することが可能となる。

【0031】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法において、第1のドライエ

ッチングは反応性イオンエッチングであってもよい。また、第2のドライエッチングはイオンミリングであってもよい。

【0032】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法において、磁気抵抗素子は複数の層からなるものであってもよい。この場合、各製造方法は、更に、第2の絶縁層の形成後に、磁気抵抗素子の複数の層のうちの上側の一部の層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする工程と、このエッチング後に、エッチングされた部分と磁気抵抗素子の周囲に、エッチングされた層と同じ材料の層と反強磁性層とを順に形成する工程とを含み、導電層を形成する工程は反強磁性層の上に導電層を形成するようにしてもよい。

【0033】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法において、磁気抵抗素子はフリー層が上側に配置されたスピンバルブ巨大磁気抵抗素子であってもよい。この場合、各製造方法は、更に、第2の絶縁層の形成後に、磁気抵抗素子のフリー層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする工程と、このエッチング後に、エッチングされた部分と磁気抵抗素子の周囲に、フリー層と同じ材料の層と反強磁性層とを順に形成する工程とを含み、導電層を形成する工程は反強磁性層の上に導電層を形成するようにしてもよい。

【0034】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法は、更に、第2の絶縁層の形成後に、磁気抵抗素子の上面にはみ出した第2の絶縁層を除去する工程を含んでもよい。

【0035】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法において、第1の絶縁層を形成する工程と第3の絶縁層を形成する工程の少なくとも一方は、化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成してもよい。この場合、化学的気相成長法として、低圧化学的気相成長法を用いてもよいし、プラズマ化学的気相成長法を用いてもよい。

【0036】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法または磁気抵抗効果装置の製造方法において、第3の絶縁層を形成する工程は、300°C以下の温度で化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成してもよい。

【0037】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、更に、互いに磁氣的に連結され、媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる第1および第2の磁性層と、第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを有する誘導型磁気変換素子を形成する工程を含んでもよい。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。まず、図1ないし図12を参照して、本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法および磁気抵抗効果装置の製造方法の概略について説明する。本実施の形態では、薄膜磁気ヘッドの再生ヘッドにスピンバルブGMR素子を用いている。なお、図1ないし図9において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0039】本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、図1に示したように、例えばアルティック( $Al_2O_3 \cdot TiC$ )よりなる基板1の上に、例えばアルミナ( $Al_2O_3$ )よりなる絶縁層2を、約5 $\mu m$ 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層3を、2~3 $\mu m$ の厚みに形成する。

【0040】次に、図2に示したように、下部シールド層3の上に、第1の絶縁層としての第1のシールドギャップ膜4aを、例えば10~20nmの厚みに形成する。シールドギャップ膜4aに使用する絶縁材料としては、アルミナ、窒化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)等がある。また、シールドギャップ膜4aは、スパッタ法によって形成してもよいし、化学的気相成長(以下、CVDと記す。)法によって形成してもよい。CVD法としては、例えば低圧CVD法やプラズマCVD法が用いられる。アルミナ膜よりなるシールドギャップ膜4aをCVD法によって形成する場合には、材料としては例えばトリメチルアルミニウム( $Al(CH_3)_3$ )および $H_2O$ を用いる。CVD法を用いてアルミナ膜を形成することにより、薄く、且つ緻密でピンホールの少ない良質のシールドギャップ膜4aを形成することが可能となる。

【0041】次に、シールドギャップ膜4aの上に、再生用のGMR素子を構成する複数の層を形成する。次に、この複数の層のうちの最上層の上において、GMR素子を形成すべき位置に選択的にフォトレジストパターン21を形成する。このとき、リフトオフを容易に行うことができるような形状、例えば断面形状がT型のフォトレジストパターン21を形成する。次に、フォトレジストパターン21をマスクとして、GMR素子を構成する複数の層を選択的にエッチングし、パターンニングして、GMR素子5を形成する。なお、GMR素子5を形成する手順については後で詳しく説明する。

【0042】次に、図3に示したように、フォトレジストパターン21をマスクとして、シールドギャップ膜4aの上において、GMR素子5の周囲に、アルミナ等の絶縁材料よりなる第2の絶縁層としての第2のシールドギャップ膜4bを、例えばスパッタ法によって、例えば100~300nmの厚みに形成する。次に、フォトレ

ジストパターン21をリフトオフする。次に、GMR素子5の上面を1nm程度エッチングして、GMR素子5の上面にはみ出した第2のシールドギャップ膜4bを除去する。

【0043】図10は、この時点におけるGMR素子5および第2のシールドギャップ膜4bを示す平面図である。

【0044】次に、図4に示したように、GMR素子5の上に、新たに、再生ヘッドのトラック幅を決めるためのフォトレジストパターン23を形成する。このとき、リフトオフを容易に行うことができるような形状、例えば断面形状がT型のフォトレジストパターン23を形成する。次に、フォトレジストパターン23をマスクとして、第2のシールドギャップ膜4bの上に、GMR素子5に電氣的に接続される一対の導電層6を、数十~百数十nmの厚みに形成する。なお、導電層6を形成する手順については後で詳しく説明する。

【0045】次に、図5に示したように、フォトレジストパターン23をリフトオフする。次に、図示しないが、導電層6の抵抗値を小さくするために、リフトオフプロセスによって、導電層6の上に銅(Cu)よりなる膜を50~100nmの厚みに形成する。

【0046】なお、図4(a)および図5(a)は導電層6を通る断面を示しているが、図6(a)ないし図9(a)は導電層6を通らない断面を示している。

【0047】次に、図6に示したように、GMR素子5、第2のシールドギャップ膜4bおよび導電層6の上に、第3の絶縁層としての第3のシールドギャップ膜7aを、例えば20~40nmの厚みに形成する。シールドギャップ膜7aに使用する絶縁材料としては、アルミナ、窒化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)等がある。また、シールドギャップ膜7aは、スパッタ法によって形成してもよいし、CVD法によって形成してもよい。CVD法としては、例えば低圧CVD法やプラズマCVD法が用いられる。アルミナ膜よりなるシールドギャップ膜7aをCVD法によって形成する場合には、材料としては例えばトリメチルアルミニウム( $Al(CH_3)_3$ )および $H_2O$ を用いる。CVD法を用いてアルミナ膜を形成することにより、薄く、且つ緻密でピンホールの少ない良質のシールドギャップ膜7aを形成することが可能となる。また、アルミナ膜よりなるシールドギャップ膜7aをCVD法によって形成する場合には、GMR素子5を構成する複数の層のうちの熱に弱い層の劣化を防止するために、300°C以下の温度でCVDを行うのが好ましい。

【0048】次に、GMR素子5に対応する領域を除いてシールドギャップ膜7aの上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる第4のシールドギャップ膜7bを、例えばスパッタ法によって、例えば50~150nmの厚みに形成する。

【0049】次に、シールドギャップ膜7a、7bの上に、NiFe等の磁性材料を用いて、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、上部シールド層と記す。）8の第1の層8aを、例えばスパッタにより、例えば1～2μmの厚みに形成する。このとき同時に、上部シールド層の第1の層8aと同じ材料を用いて、導電層6のGMR素子5とは反対側の端部の上に導電層を例えば1～2μmの厚みに形成する。

【0050】なお、上部シールド層8は、第1の層8aと、後述する第2の層8bおよび第3の層8cとで構成される。上部シールド層8の第1の層8aは、後述する薄膜コイルの少なくとも一部に対向する位置に配置される。

【0051】図11は、この時点における状態を簡略化して示す平面図である。図11において、符号31は、導電層6のGMR素子5とは反対側の端部の上に形成された導電層を示している。なお、図11では、上部シールド層8の第1の層8aを省略している。

【0052】次に、図7に示したように、上部シールド層8の第1の層8aの上に、NiFe等の磁性材料を用いて、上部シールド層8の第2の層8bおよび第3の層8cを、めっき法により例えば1.5～2.0μmの厚みに形成する。第2の層8bは、その一端面がエアベアリング面（記録媒体に対向する媒体対向面）30に配置される。第3の層8cは、上部シールド層8の第1の層8aと後述する上部磁極層とを接続するための部分であり、後述する薄膜コイルを形成する領域の中央部分に配置される。本実施の形態において、上部シールド層8の第2の層8bはスロートハイトを規定する。すなわち、第2の層8bのエアベアリング面30とは反対側（図7（a）において右側）の端部の位置は、磁極部分のエアベアリング面30とは反対側の端部の位置であるスロートハイトゼロ位置となる。

【0053】上部シールド層8の第2の層8bおよび第3の層8cは、NiFe（Ni：80重量％、Fe：20重量％）や、高飽和磁束密度材料であるNiFe（Ni：45重量％、Fe：55重量％）等を用い、めっき法によって所定のパターンに形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN、FeZrN等の材料を用い、スパッタ後、イオンミリング等によって選択的にエッチングして所定のパターンに形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe、Co系アモルファス材等を用いてもよい。

【0054】次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜9を、約0.3～0.5μmの厚みに形成する。

【0055】次に、フレームめっき法によって、例えば銅（Cu）よりなる薄膜コイル10を、例えば1～2μmの厚みに形成する。薄膜コイル10は、上部シールド層8の第3の層8cを中心として巻回されるように配置

され、一部が上部シールド層8の第2の層8bの側方（図7（a）において右側）に配置される。また、このとき同時に、薄膜コイル10と同じ材料を用いて、導電層31に接続される導電層を形成する。

【0056】図12は、この時点における状態を簡略化して示す平面図である。図12において、符号32は、導電層31に接続された導電層を示している。

【0057】次に、図7に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層11を、約3～4μmの厚みで形成する。次に、例えばCMP（化学機械研磨）によって、上部シールド層8の第2の層8bおよび第3の層8cが露出するまで、絶縁層11を研磨して、表面を平坦化处理する。ここで、図7では、薄膜コイル10は露出していないが、薄膜コイル10が露出するようにしてもよい。

【0058】次に、図8に示したように、露出した上部シールド層8の第2の層8bおよび第3の層8cと絶縁層11の上に、絶縁材料よりなる記録ギャップ層12を、例えば150～200nmの厚みに形成する。記録ギャップ層12に使用する絶縁材料としては、一般的に、アルミナ、窒化アルミニウム、シリコン酸化物系材料、シリコン窒化物系材料、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）等がある。また、記録ギャップ層12は、スパッタ法によって形成してもよいし、CVD法によって形成してもよい。アルミナ膜よりなる記録ギャップ層12をCVD法によって形成する場合には、材料としては例えばトリメチルアルミニウム（Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>）およびH<sub>2</sub>Oを用いる。CVD法を用いると、薄く、且つ緻密でピンホールの少ない良質の記録ギャップ層12を形成することが可能となる。

【0059】次に、磁路形成のために、上部シールド層8の第3の層8cの上の部分において、記録ギャップ層12を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。

【0060】次に、図9に示したように、記録ギャップ層12の上に、磁性材料よりなる上部磁極層13を、例えば3μmの厚みで、所定のパターンに形成する。上部磁極層13は、NiFe（Ni：80重量％、Fe：20重量％）や、高飽和磁束密度材料であるNiFe（Ni：45重量％、Fe：55重量％）の材料を用い、めっき法によって形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN、FeZrN等の材料を用い、スパッタによって形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe、Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波特性の改善のため、上部磁極層13を、無機系の絶縁膜とバーマロイ等の磁性層とを何層にも重ね合わせた構造としてもよい。

【0061】上部磁極層13のうち、エアベアリング面30側に配置された磁極部分は、記録ヘッドのトラック幅に等しい幅を有し、記録ギャップ層12を介して上部

シールド層8の第2の層8bと対向する。また、上部磁極層13のうち、エアベアリング面30とは反対側の端部近傍の部分は、上部シールド層8の第3の層8cに接続される。これにより、上部磁極層13と上部シールド層(下部磁極層)8は磁氣的に連結される。

【0062】次に、上部磁極層13の磁極部分をマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層12を選択的にエッチングし、更に、例えばアルゴンイオンミリングによって、上部シールド層8の第2の層8bを選択的に約0.3~0.6μm程度エッチングして、図9(b)に示したようなトリム構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。

【0063】次に、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層14を、例えば20~30μmの厚みに形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、上記各層を含むスライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0064】本実施の形態において、下部シールド層3は本発明における第1のシールド層に対応し、上部シールド層8は本発明における第2のシールド層に対応する。

【0065】また、上部シールド層(下部磁極層)、記録ギャップ層12、上部磁極層13および薄膜コイル10は、本発明における誘導型磁気変換素子に対応する。

【0066】以上説明したように、本実施の形態に係る製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッドは、再生ヘッドと記録ヘッド(誘導型磁気変換素子)とを備えている。再生ヘッドは、GMR素子5と、記録媒体に対向する媒体対向面すなわちエアベアリング面30側の一部がGMR素子5を挟んで対向するように配置された、GMR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層8と、GMR素子5に接続された導電層6と、GMR素子5および導電層6と下部シールド層3との間に設けられた第1のシールドギャップ膜4aと、GMR素子5の周囲において第1のシールドギャップ膜4aと導電層6との間に配置された第2のシールドギャップ膜4bと、GMR素子5および導電層6と上部シールド層8との間に設けられた第3のシールドギャップ膜7aと、GMR素子5に対応する領域を除いて第3のシールドギャップ膜7aと上部シールド層8との間に設けられた第4のシールドギャップ膜7bとを有している。また、本実施の形態における再生ヘッドは、本実施の形態における磁気抵抗効果装置でもある。

【0067】記録ヘッドは、互いに磁氣的に連結され、エアベアリング面30側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層からなる下部磁

極層(上部シールド層8)および上部磁極層13と、下部磁極層の磁極部分と上部磁極層13の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層12と、少なくとも一部が下部磁極層および上部磁極層13の間に、これらに対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイル10とを有している。

【0068】ここで、図13を参照して、本実施の形態におけるGMR素子5の構成の一例について説明する。この例では、GMR素子5は、第1のシールドギャップ膜4a側より順に積層された、例えばTaよりなる下地層5d、例えばPtMnよりなる反強磁性層5a、例えばCoよりなる磁性層5e、例えばCuよりなる非磁性層5b、例えばCoよりなる磁性層5f、例えばNiFeよりなるフリー層(磁性層)5c、例えばTaよりなる保護層5gを有している。なお、以下では、説明を簡単にするために、GMR素子5を構成する複数の層のうち、反強磁性層5a、非磁性層5bおよびフリー層5cのみを挙げて説明する。

【0069】次に、図14ないし図20を参照して、本実施の形態における再生ヘッド、すなわち磁気抵抗効果装置を形成する手順について詳しく説明する。なお、図14ないし図20は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

【0070】図14は、第1のシールドギャップ膜4aの上に、GMR素子5を構成する複数の層5a、5b、5cを形成し、その上に断面形状がT型のフォトレジストパターン21を形成した後の状態を示している。ここで、反強磁性層5aの厚みは例えば10~20nm、非磁性層5bの厚みは例えば2nm、フリー層5cの厚みは例えば3~6nmである。この時点における複数の層5a、5b、5cは、本発明における磁気抵抗素子用膜に対応する。

【0071】本実施の形態では、次に、図15に示したように、フォトレジストパターン21をマスクとして、GMR素子5を構成する複数の層をエッチングすべき部分において、GMR素子5を構成する複数の層のうち、上側より厚み方向の一部、例えば少なくともフリー層5cまでを、化学的エッチング要素と物理的エッチング要素とを含む第1のドライエッチングを用いてエッチングする。この工程を、第1のエッチング工程という。第1のドライエッチングとしては、例えばフロン系のガスエッチャントを用いた反応性イオンエッチング(反応性スパッタエッチングまたは反応性イオンスパッタエッチングとも呼ばれる。)が用いられる。

【0072】第1のエッチング工程では、GMR素子5を構成する複数の層のうち、下側より厚み方向の一部、例えば反強磁性層5aまで、あるいは下地層5dのみを残しておく。これにより、第1のシールドギャップ膜4aは、ドライエッチングによる損傷を受けることがな



【0073】次に、本実施の形態では、フォトリソストパターン21をマスクとして、GMR素子5を構成する複数の層をエッチングすべき部分において、GMR素子5を構成する複数の層のうち、第1のエッチング工程でエッチングされずに残った層、例えば非磁性層5bより下の層を、第1のドライエッチングよりも物理的エッチングの比率の大きい第2のドライエッチングを用いてエッチングする。この工程を、第2のエッチング工程という。第2のドライエッチングとしては、例えばイオンミリングが用いられる。

【0074】なお、図15に示したように、第1のエッチング工程では、フォトリソストパターン21の側面に、エッチング残渣22が再付着する場合がある。そこで、第2のエッチング工程では、図16に示したように、例えば、イオンビーム24の入射角を45°あるいは70°としたイオンミリングを行い、エッチング残渣22と、第1のエッチング工程でエッチングされずに残った層とを除去する。

【0075】第2のエッチング工程では、GMR素子5を構成する複数の層の全てをエッチングするのではなく、そのうちの一部の層をエッチングするだけなので、エッチング時間は短くて済む。従って、第2のエッチングとしてイオンミリングを使用したとしても、第1のシールドギャップ膜4aの損傷は極めて少ない。

【0076】上述の第1および第2のエッチング工程によって、GMR素子5を構成する複数の層がエッチングされパターニングされて、GMR素子5が形成される。このようにして形成されたGMR素子5の側壁は、第2のエッチングが異方性エッチングであるため、第1のシールドギャップ膜4aの上面に対してほぼ垂直になる。また、GMR素子5のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さがMRハイトを決定する。

【0077】次に、図17に示したように、フォトリソストパターン21をマスクとして、第1のシールドギャップ膜4aの上面において、GMR素子5の周囲に、アルミナ等の絶縁材料よりなる第2の絶縁層としての第2のシールドギャップ膜4bを、例えばスパッタ法によって、例えば100～300nmの厚みに形成する。次に、フォトリソストパターン21をリフトオフする。このように、GMR素子5の周囲に第2のシールドギャップ膜4bが形成されるので、仮に、第2のエッチング工程において、オーバーエッチングによって第1のシールドギャップ膜4aが損傷を受けていても、損傷を受けた部分が第2のシールドギャップ膜4bによって覆われる。従って、後に形成される導電層6と下部シールド層3との間の絶縁性は十分確保される。

【0078】ところで、GMR素子5の周囲に第2のシールドギャップ膜4bを形成すると、図17に示したように、第2のシールドギャップ膜4bがGMR素子5の上面にはみ出す場合がある。このままの状態では、第2の

シールドギャップ膜4bの上に第3のシールドギャップ膜7aを形成すると、GMR素子5の上面に対向する部分において、シールドギャップ膜4b、7aを合わせた絶縁層の厚みが不均一になる。

【0079】そこで、本実施の形態では、次に、図18に示したように、GMR素子5の上面を1nm程度エッチングして、GMR素子5の上面にはみ出した第2のシールドギャップ膜4bを除去する。これにより、GMR素子5の上に、薄く均一な厚みの第3のシールドギャップ膜7aのみを形成することができる。その結果、GMR素子5の上に形成される絶縁層の厚みを均一にすることができ、再生ヘッドの性能を向上させることができる。

【0080】次に、図19に示したように、GMR素子5の上に、新たに、再生ヘッドのトラック幅を決めるためのフォトリソストパターン23を形成する。次に、フォトリソストパターン23をマスクとして、GMR素子5の複数の層のうちの上側の一部の層において、トラック幅を規定する部分に対して幅方向外側の部分をエッチングする。エッチングするのは、例えば、フリー層5cの厚み方向の一部または全部でもよいし、非磁性層5bまででもよい。

【0081】次に、上述のようにエッチングされた部分とGMR素子5の周囲に、エッチングされた層、例えばフリー層5cと同じ材料、例えばNiFeよりなる一対の層61を形成する。この層61は、GMR素子5と導電層6との電気的接続を良好にするために設けられる。次に、一対の層61の上に、例えばRuRhMnあるいはIrMnよりなる一対の反強磁性層62を形成する。

【0082】このようにGMR素子5の上の一部にNiFeよりなる膜61と反強磁性層62とを形成することにより、再生ヘッドは、交換バイアス法(BCS(Boundary Control Stabilizer)法とも呼ばれる。)を用いた構成となり、図19に示したように、GMR素子5の上における層61、62のスペース幅がトラック幅Wを決定する。

【0083】次に、反強磁性層62の上に、例えばTaおよびAuよりなる導電層6を、数十～数百nmの厚みに形成する。次に、フォトリソストパターン23をリフトオフする。次に、図示しないが、導電層6の抵抗値を小さくするために、リフトオフプロセスによって、導電層6の上に銅(Cu)よりなる膜を50～100nmの厚みに形成する。

【0084】次に、図20に示したように、GMR素子5、第2のシールドギャップ膜4bおよび導電層6の上に、第3の絶縁層としての第3のシールドギャップ膜7aを、例えば20～40nmの厚みに形成する。既に説明したように、第3のシールドギャップ膜7aは、CVD法によって形成されたアルミナ膜としてもよい。この場合には、GMR素子5を構成する複数の層のうち、熱



に弱い反強磁性層5aの劣化を防止するために、300℃以下の温度でCVDを行うのが好ましい。

【0085】次に、GMR素子5に対応する領域を除いてシールドギャップ膜7aの上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる第4のシールドギャップ膜7bを、例えばスパッタ法によって、例えば50～150nmの厚みに形成する。

【0086】その後、既に説明した工程を経て、図20に示したように、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0087】以上説明したように、本実施の形態では、  
10 化学的エッチング要素と物理的エッチング要素を含む第1のドライエッチングを用いる第1のエッチング工程によって、GMR素子5を構成する複数の層5a、5b、5cのエッチングすべき部分のうちの厚み方向の一部をエッチングする。そして、第1のドライエッチングよりも物理的エッチングの比率の大きい第2のドライエッチングを用いる第2のエッチング工程によって、GMR素子5を構成する複数の層5a、5b、5cのエッチングすべき部分のうちの残りの部分をエッチングして、  
20 GMR素子5を形成する。従って、本実施の形態によれば、第1のシールドギャップ膜4aの損傷を抑えることができる。また、本実施の形態によれば、導電層6の形成前に、第1のシールドギャップ膜4aを覆うように第2のシールドギャップ膜4bを形成するようにしたので、導電層6と下部シールド層3との間の絶縁性を確保することができる。これらのことから、本実施の形態によれば、GMR素子5に接続された導電層6と下部シールド層3との電気的短絡を防止することができ、GMR素子5に対するノイズを低減することができる。

【0088】また、本実施の形態によれば、物理的エッチングの比率の大きい第2のエッチング工程によって、  
30 第1のエッチング工程で発生したエッチング残渣と、第1のエッチング工程でエッチングされずに残った層とを除去するので、GMR素子5の形状を正確に規定することができる。従って、本実施の形態によれば、MRハイトを正確に制御することができると共に、MRハイトの小さい再生ヘッドを実現することができる。

【0089】また、本実施の形態によれば、第2のシールドギャップ膜4bの形成後に、GMR素子5の上面にはみ出した第2のシールドギャップ膜4bを除去するよう  
40 にしたので、GMR素子5の上に形成される絶縁層の厚みを均一にすることができ、再生ヘッドの性能を向上させることができる。

【0090】また、本実施の形態において、シールドギャップ膜4a、7aをCVD法を用いて形成した場合には、良質で薄いシールドギャップ膜4a、7aを形成でき、再生ヘッドの性能を向上させることができる。また、CVD法を用いて形成されるアルミナ膜は、薄く形成できると共にステップカバレッジが優れているので、  
50 GMR素子5の上の凹凸のある部分に形成される第3の

シールドギャップ膜7aとして用いるのに特に有効である。

【0091】また、本実施の形態によれば、サーマルアスピリティを改善するために、シールドギャップ膜4a、7aを十分薄くすることが可能となり、再生ヘッドの性能を向上させることができる。

【0092】また、本実施の形態によれば、薄膜コイル10を、上部シールド層8の第1の層8aの上であって、第2の層8bの側方に配置し、薄膜コイル10を覆う絶縁層11の上面を平坦化したので、上部磁極層13を平坦な面の上に形成することができる。従って、本実施の形態によれば、上部磁極層13の磁極部分を、例えばハーフミクロン寸法やクォータミクロン寸法にも微細に形成可能となり、記録ヘッドのトラック幅の縮小が可能になる。

【0093】また、本実施の形態では、記録ヘッドのトラック幅を規定する上部磁極層13の磁極部分がスロートハイトを規定するのではなく、上部シールド層(下部磁極層)8の第2の層8bがスロートハイトを規定する。従って、本実施の形態によれば、トラック幅が小さくなくても、スロートハイトを精度よく、均一に規定することが可能になる。

【0094】更に、本実施の形態によれば、薄膜コイル10を、上部シールド層8の第2の層8bの側方において平坦な面の上に形成することができるので、薄膜コイル10を微細に形成することが可能になると共に、上部シールド層8の第2の層8bのエアベアリング面30とは反対側の端部、すなわちスロートハイトゼロ位置の近くに薄膜コイル10の端部を配置することができる。これらのことから、本実施の形態によれば、記録ヘッドの磁路長の縮小が可能になる。

【0095】なお、本発明は、上記実施の形態に限定されない。例えば、実施の形態では、第1のドライエッチングとして反応性イオンエッチングを用い、第2のドライエッチングとしてイオンミリングを用いたが、第1のドライエッチングと第2のドライエッチングの組み合わせは、これに限らない。例えば、第1のドライエッチングとして反応性イオンエッチングを用い、第2のドライエッチングとしてスパッタエッチングを用いたり、第1のドライエッチングとしてスパッタエッチングを用い、  
40 第2のドライエッチングとしてイオンミリングを用いたりしてもよい。

【0096】また、上記実施の形態では、磁気抵抗素子としてスピンバルブGMR素子を用いたが、本発明は、磁気抵抗素子として、AMR素子や、スピンバルブ以外のGMR素子や、TMR(トンネル磁気抵抗効果)素子を用いる場合にも適用することができる。また、スピンバルブGMR素子の構成は図13に示したものに限らない。

【0097】また、上記実施の形態では、基体側に読み

取り用のMR素子を形成し、その上に、書き込み用の誘導型磁気変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0098】つまり、基体側に書き込み用の誘導型磁気変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を形成してもよい。このような構造は、例えば、上記実施の形態に示した上部磁極層の機能を有する磁性膜を下部磁極層として基体側に形成し、記録ギャップ膜を介して、それに対向するように上記実施の形態に示した下部磁極層の機能を有する磁性膜を上部磁極層として形成することにより実現できる。この場合、誘導型磁気変換素子の上部磁極層とMR素子の下部シールド層を兼用させることが好ましい。

【0099】なお、このような構造の薄膜磁気ヘッドでは、凹部を形成した基体を用いることが好ましい。そして、基体の凹部に、コイル部を形成することによって、薄膜磁気ヘッド自体の大きさを更に縮小化することができる。

【0100】また、読み取り専用として用いる場合には、薄膜磁気ヘッドを、読み取り用の磁気抵抗素子だけを備えた構成としてもよい。

【0101】また、本発明における磁気抵抗効果装置は、薄膜磁気ヘッドの再生ヘッドに限らず、回転位置センサ、磁気センサ、電流センサ等にも適用することができる。

【0102】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし13のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法または請求項14ないし25のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法によれば、第1のエッチング工程によって、磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの厚み方向の一部をエッチングし、第2のエッチング工程によって、磁気抵抗素子用膜のエッチングすべき部分のうちの残りの部分をエッチングして、磁気抵抗素子を形成するようにしたので、第1の絶縁層の損傷を抑えることができると共に、第2の絶縁層によって第1のシールド層と導電層との間の絶縁性を確保できるので、磁気抵抗素子に接続された導電層とシールド層との電氣的短絡を防止することができるという効果を奏する。また、第2のエッチング工程によって、磁気抵抗素子の形状を正確に規定することができるという効果を奏する。

【0103】また、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法または請求項21記載の磁気抵抗効果装置の製造方法によれば、第2の絶縁層の形成後に、磁気抵抗素子の上面にはみ出した第2の絶縁層を除去するようにしたので、磁気抵抗素子の上に形成される絶縁層の厚みを均一にすることができ、薄膜磁気ヘッドまたは磁気抵抗効果装置の性能を向上させることができるという効果を奏する。

【0104】また、請求項9ないし11のいずれかに記

載の薄膜磁気ヘッドの製造方法または請求項22ないし24のいずれかに記載の磁気抵抗効果装置の製造方法によれば、第1の絶縁層を形成する工程と第3の絶縁層を形成する工程の少なくとも一方が、化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成するようにしたので、良質で薄い絶縁層を形成でき、薄膜磁気ヘッドまたは磁気抵抗効果装置の性能を向上させることができるという効果を奏する。

【0105】また、請求項12記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法または請求項25記載の磁気抵抗効果装置の製造方法によれば、第3の絶縁層を形成する工程が300℃以下の温度で化学的気相成長法を用いて絶縁層としてのアルミナ膜を形成するようにしたので、磁気抵抗素子の劣化を防止することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図2】図1に続く工程を説明するための断面図である。

【図3】図2に続く工程を説明するための断面図である。

【図4】図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】図5に続く工程を説明するための断面図である。

【図7】図6に続く工程を説明するための断面図である。

【図8】図7に続く工程を説明するための断面図である。

【図9】図8に続く工程を説明するための断面図である。

【図10】図3に対応する平面図である。

【図11】図6に対応する平面図である。

【図12】図7に対応する平面図である。

【図13】本発明の一実施の形態におけるGMR素子の構成の一例を示す断面図である。

【図14】本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図15】図14に続く工程を説明するための断面図である。

【図16】図15に続く工程を説明するための断面図である。

【図17】図16に続く工程を説明するための断面図である。

【図18】図17に続く工程を説明するための断面図である。

(13)

特開 2001-84535

23

24

【図 19】図 18 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 20】図 19 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 21】従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図 22】図 21 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 23】図 22 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 24】図 23 に続く工程を説明するための断面図で \*

\* ある。

【図 25】図 23 に対応する平面図である。

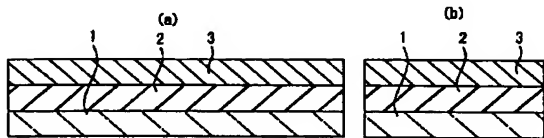
【図 26】図 24 に対応する平面図である。

【符号の説明】

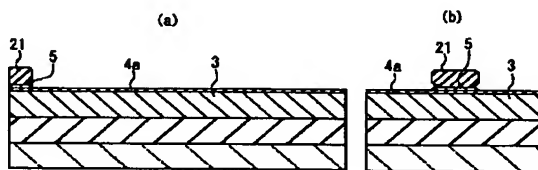
1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、4a…第1のシールドギャップ膜、4b…第2のシールドギャップ膜、5…MR素子、6…導電層、7a…第3のシールドギャップ膜、7b…第4のシールドギャップ膜、8…上部シールド層、10…薄膜コイル、12…記録ギャップ層、13…上部磁極層、14…オーバーコート層。

10

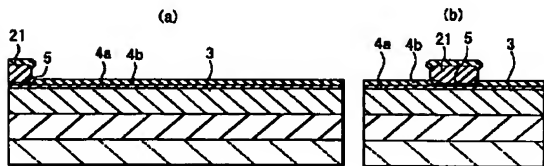
【図 1】



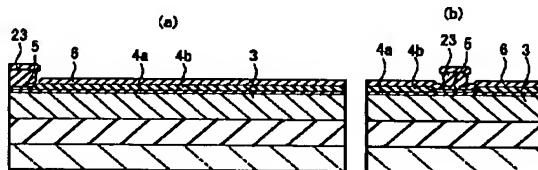
【図 2】



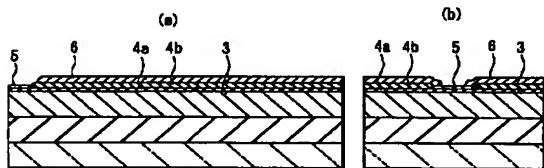
【図 3】



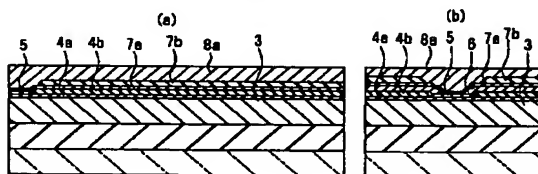
【図 4】



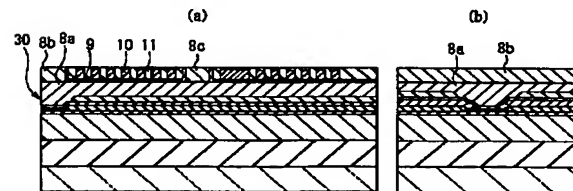
【図 5】



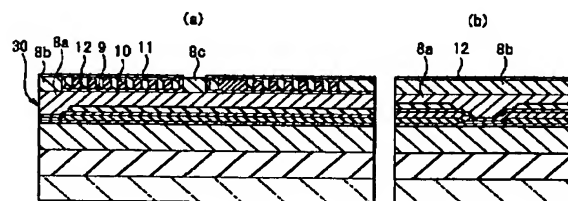
【図 6】



【図 7】



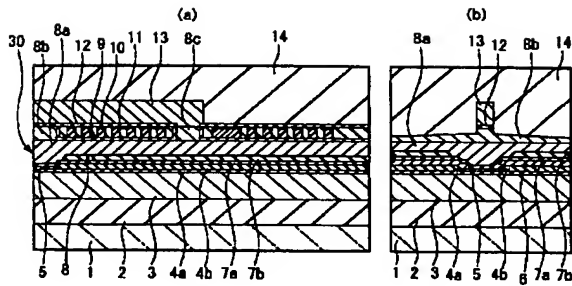
【図 8】



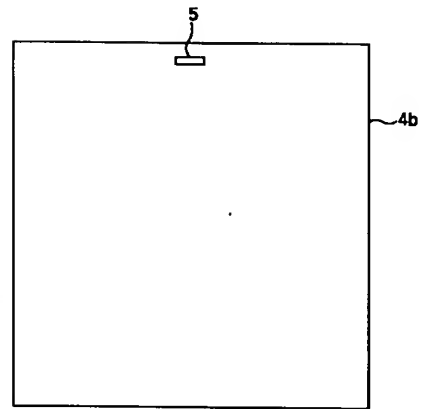
(14)

特開2001-84535

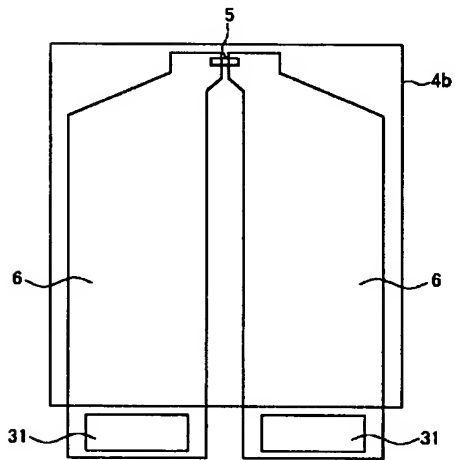
【図9】



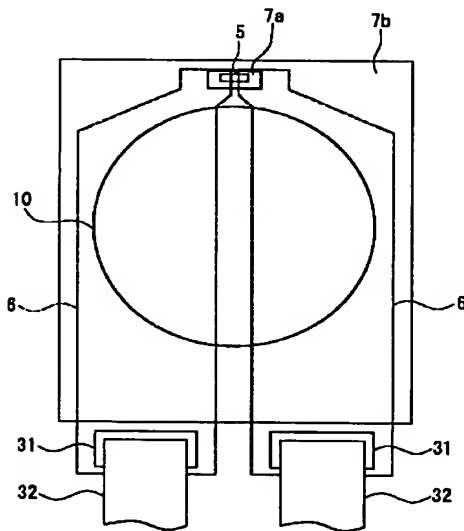
【図10】



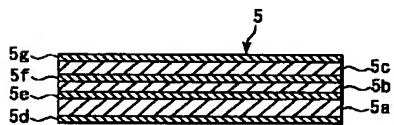
【図11】



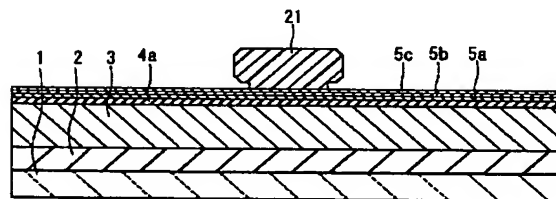
【図12】



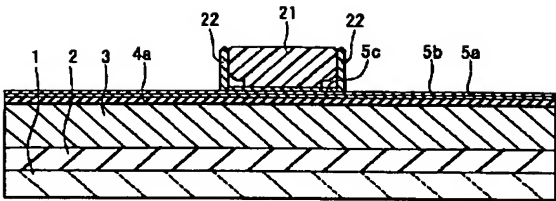
【図13】



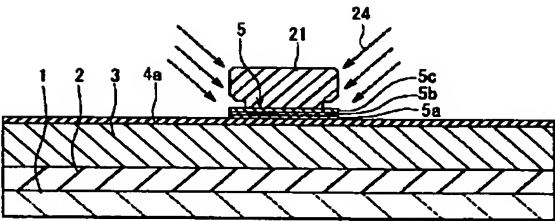
【図14】



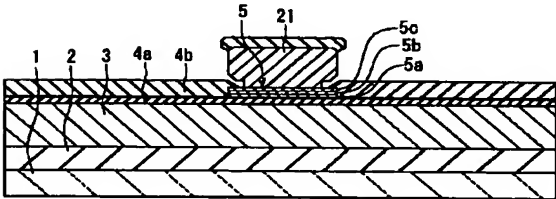
【図15】



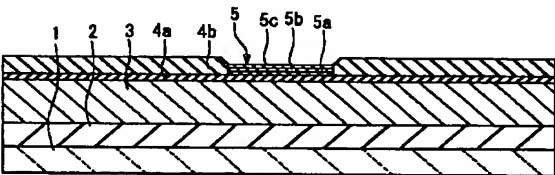
【図16】



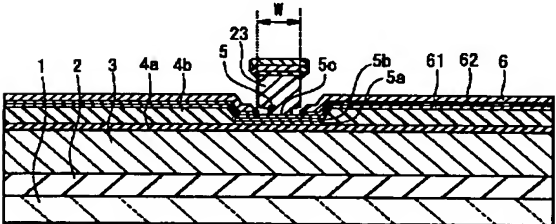
【図17】



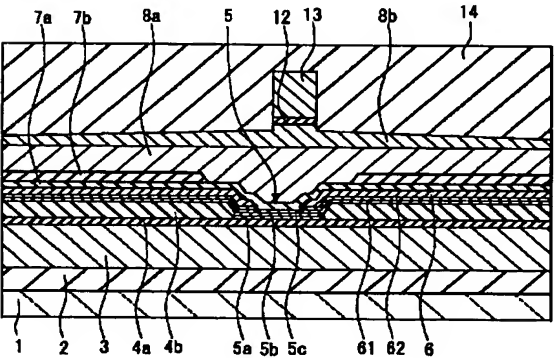
【図18】



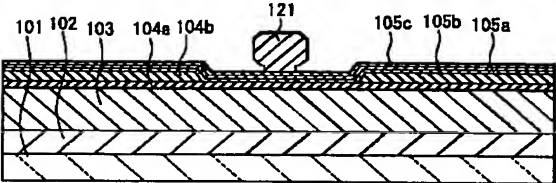
【図19】



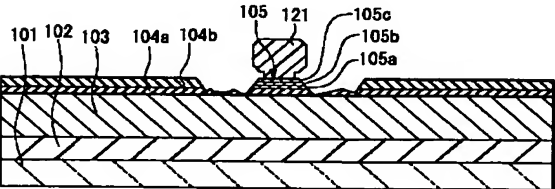
【図20】



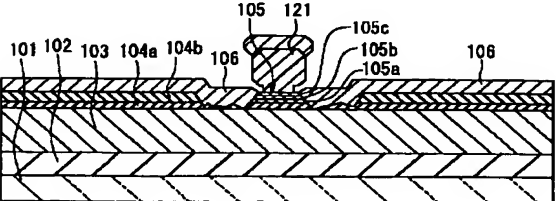
【図21】

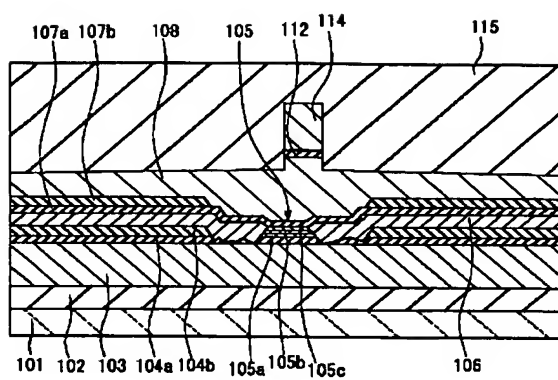


【図22】

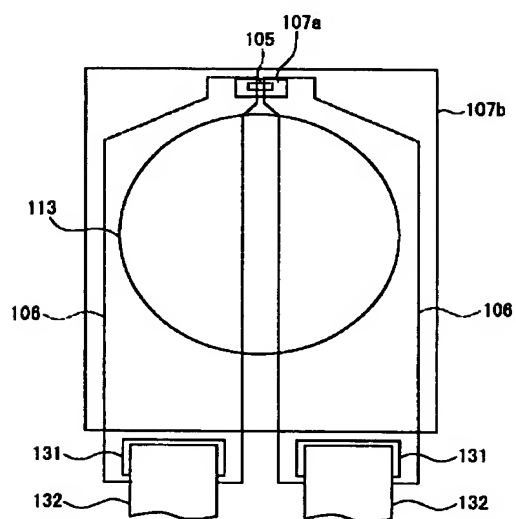


【図23】





【圖 26】



【図 25】

